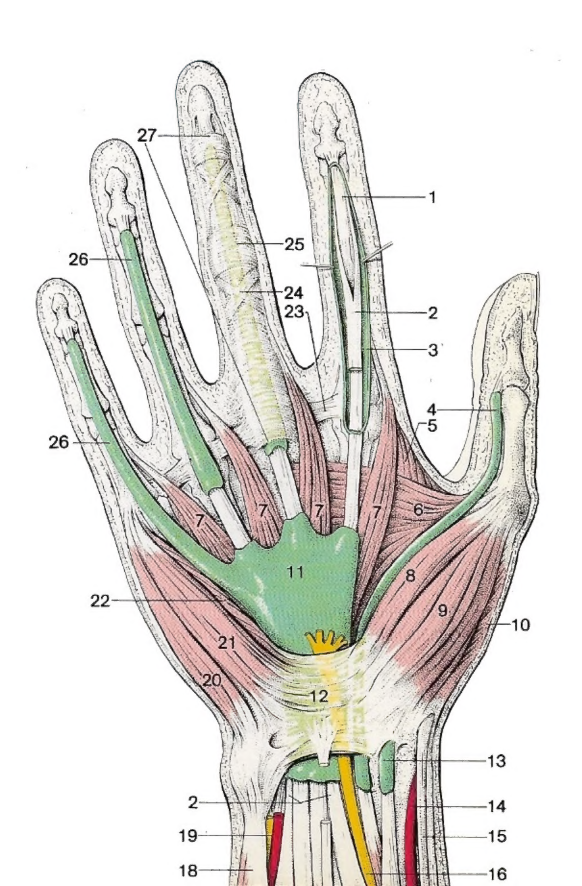
Manual de Anatomía humana

I

Extremidades ■ Tronco

H. Frick ■ H. Leonhardt ■ D. Starck

324 ilustraciones, de ellas 216 en color



omega

Manual de Anatomía humana I

Manual de Anatomía humana I

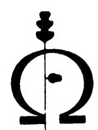
Extremidades - Tronco

H. Frick · H. Leonhardt · D. Starck

324 ilustraciones,
de ellas 216 en color

Prólogo a la edición española del
Prof. Dr. Domingo Ruano Gil
Director del Departamento de Anatomía Humana
de la Facultad de Medicina de la Universidad de Barcelona

Revisión de la versión española a cargo del
Dr. José Vilanova Trías
Profesor Agregado Interino del Departamento
de Anatomía Humana de la Facultad de Medicina
de la Universidad de Barcelona



Ediciones Omega, S. A.
Casanova, 220 - Barcelona-36

Prof. Dr. med. *Hans Frick*
Instituto Anatómico de la Universidad de Munich

Prof. Dr. med. *Helmut Leonhardt*
Instituto Anatómico de la Universidad de Kiel

Prof. Dr. med. Dr. phil. nat. h. c. *Dietrich Starck*
Centro de Morfología de la Universidad de Frankfurt

La edición original de esta obra ha sido publicada en alemán por la editorial Georg Thieme Verlag de Stuttgart con el título
ALLGEMEINE ANATOMIE. SPEZIELLE ANATOMIE I

Traducido por el
Dr. Ramón Falgueras Esteban

ISBN: Tomo I
ISBN: Obra completa: 84-282-0652-X

Depósito Legal: B. 8712-81

Printed in Spain

EGS - Rosario, 2 - Barcelona

Prólogo

Los estudios anatómicos en la Licenciatura de Medicina están experimentando notables modificaciones en todos los países. De una manera incomprensible, se preconiza por diversos sectores la reducción de los mismos, con la finalidad de introducir nuevas materias o aumentar la amplitud de otras. Quienes adoptan tal postura, parecen ignorar que el objetivo primordial de la medicina es el de prevenir y tratar las enfermedades del ser humano, y que, por tanto, el conocimiento de la forma y estructura de nuestro cuerpo es indispensable no sólo para el aspirante, sino también para el médico. Una cosa es adecuar de una manera científica, actual y relacionada los estudios de las diversas materias médicas y, otra, disminuir algunas de ellas sin tener en cuenta los criterios anteriormente mencionados.

Los anatómicos hace bastante tiempo que se han percatado de esta necesidad. Cualquiera que acuda en la actualidad a un Departamento de Anatomía podrá apreciar que en las enseñanzas que se imparten se ha sustituido la Anatomía extraordinariamente descriptiva y estática por otra más dinámica, asentada fundamentalmente en bases funcionales, pero sin despreciar en modo alguno lo primordial y básico de la forma humana.

Un ejemplo bastante demostrativo de este tipo de Anatomía nos lo proporciona el "Manual de Anatomía Humana" de los Profesores H. Frick, H. Leonhardt y D. Starck, pertenecientes a los Institutos Anatómicos de las Universidades de Munich, Kiel y Frankfurt, que presenta Ediciones Omega, donde se analizan las peculiaridades anatómicas de las distintas partes de nuestro cuerpo, resaltando los detalles de anatomía sistemática, topográfica y clínica, imprescindibles para comprender su función y cerciorarse de la utilidad práctica de los mismos.

El libro consta de dos tomos. El primero comprende la Anatomía General y la Especial de las extremidades y del tronco. El segundo, la Anatomía Especial de la cabeza, cuello, vísceras torácicas, abdominales y pélvicas, Sistema Nervioso Central y órganos de los sentidos. Está escrito, además, de una manera sencilla y amena, con un texto en el que se destaca con diferente tamaño de letra lo esencial de lo accesorio y unas ilustraciones muy didácticas y de gran calidad técnica, por lo que espero tendrá gran acogida entre estudiantes y médicos.

Prof. Dr. Domingo Ruano Gil

Indice de materias

Prólogo a la edición alemana

El conocimiento de la estructura del cuerpo humano constituye el fundamento esencial del pensamiento y la actuación médica. La orden del 28.10.70 (en Alemania Federal) referente a los requisitos precisos para ejercer la medicina, ha acortado en gran medida el estudio de la anatomía, debido a la reducción del período preclínico a cuatro semestres y a la simultánea introducción de nuevas especialidades. Esta circunstancia exige la existencia de dos requisitos –hasta cierto grado, antagónicos– en todo tratado actual de anatomía. Por una parte debe exponer la anatomía "normal" del ser humano de una manera tan detallada y precisa que el lector adquiera la comprensión necesaria de la función normal (y patológica), y por otra parte su amplitud debe ser tan limitada que permita al estudiante dominar la asignatura en el reducido período de estudio.

Satisfacer estos requisitos sería el deseo de este "Manual de Anatomía", en el que se han incluido las acreditadas obras "Histología, Citología y Microanatomía del hombre" (Leonhardt) y "Embriología Médica" (Langman) como tomos 3 y 4 respectivamente. Los tomos 1 y 2 son nuevos y comprenden la "Anatomía General y Especial". Ambos tomos vienen a sustituir el "Repetitorium anatomicum", de cuya duodécima edición se derivan.

El primer tomo del Manual trata la "Anatomía General", así como la "Anatomía Especial" de las extremidades y del tronco. En el 2.º tomo se trata la "Anatomía Especial" de la cabeza, cuello, vísceras torácicas, abdominales y pélvicas, sistema nervioso central y órganos de los sentidos. Se describen las características anatómicas y las relaciones de situación, esenciales para la comprensión de su función. Los datos referentes a la estructura fina de los órganos son una introducción a la detallada exposición de la microanatomía en el tercer tomo del Manual, cuya nueva edición (5.ª) aparece al mismo tiempo. Las referencias a la evolución de los órganos (tomo 4.º) posibilitan una información general.

En los tomos 1 y 2 del Manual, mediante la división de la materia según las grandes partes del cuerpo y la puesta de relieve de los detalles topográficos, se ha pretendido una forma de exposición que unifique la anatomía sistemática y la utilizable desde el punto de vista médico. Las referencias a datos clínicos pretenden aportar un ejemplo para la aplicación de los conocimientos teóricos al ejercicio médico y ser un aliciente para el estudio de la anatomía.

Los autores han renunciado conscientemente a un resumen excesivamente esquemático y se han esforzado en proporcionar la base necesaria para la comprensión de la estructura del cuerpo humano, mediante una descripción equilibrada y suficientemente ilustrada de los hechos. Se ha prestado una importancia especial a las definiciones precisas de los conceptos anatómicos.

La valoración de los temas según su importancia para el estudiante se expresa mediante diferentes tipos de letra. Los datos que se consideran poco importantes para el examen escrito se presentan en letra pequeña, y los "datos clínicos" se expresan con otro tipo de escritura. Las figuras han sido más o menos esquematizadas con objeto de destacar lo más importante. Para el curso de anatomía macroscópica, las figuras topográficas precisan un complemento que se puede obtener en los atlas correspondientes.

El Manual de anatomía incluye plenamente los objetivos didácticos de la anatomía en el "catálogo temático para el examen del período preclínico". Facilita al estudiante –con la ayuda de las lecciones de cátedra y las correspondientes prácticas– un estudio intensivo de la anatomía y permite simultáneamente –dejando aparte los párrafos escritos con letra pequeña– una preparación menos fatigosa para el examen escrito.
El médico en ejercicio puede adquirir rápidamente información sobre los diversos detalles de la anatomía sistemática y topográfica, mediante la consulta del 1.º y 2.º tomos. El detallado índice representa al respecto una indudable ayuda. Los autores agradecen al Dr. h. c. G. HAUFF su iniciativa, agradecimiento que hacen extensivo a los colaboradores de la Editorial Georg Thieme por su continuo apoyo y esfuerzo en la elaboración de los tomos 1.º y 2.º. Agradecen a los colegas especialistas y estudiantes por las sugerencias y consejos en la realización del texto, así como a los dibujantes especializados (para el tomo 1.º los Sres. NÜSSEL y RUSS) por la gran habilidad demostrada en la realización de las figuras.

H. FRICK (Munich) H. LEONHARDT (Kiel) D. STARCK (Frankfurt)

Anatomía General del Hombre

I. Generalidades

1. Configuración

Por **configuración** se entiende la *forma externa,* el aspecto de un organismo o de sus partes; por **estructura** (en el uso correcto de este concepto) la *constitución interna* (desde el aspecto macroscópico hasta el submicroscópico).

La *estructura del cuerpo humano* corresponde a la de los *animales vertebrados,* así como a las *características propias de los mamíferos.* Su carácter específico lo debe a las *peculiaridades de constitución típicas del hombre,* que resultan del enderezamiento del cuerpo —con la capacidad de postura y marcha bípedas—, así como del potente desarrollo de los hemisferios cerebrales.

Típico de los animales vertebrados son en el hombre, por ejemplo, la simetría bilateral, la distribución regional del cuerpo, el esbozo embrionario de sacos branquiales ordenados en serie, el desarrollo embrionario precoz de una cuerda dorsal como esqueleto axial y su sustitución por una columna vertebral ósea, las relaciones topográficas entre sistema nervioso central y esqueleto axial, el desarrollo de grandes órganos sensoriales y el esqueleto óseo, así como la distribución metamérica de la musculatura de la pared del tronco y, correspondientemente, de los nervios, los vasos y el esqueleto de la pared del tronco.

Típico de los animales mamíferos son, por ejemplo, el desarrollo de una articulación maxilar secundaria, la existencia de una bóveda craneana unitaria formada por huesos de orígen endocondral y desmal, el desarrollo de labios y mejillas muscularizados, así como de una glándula cutánea especializada, la glándula mamaria, la organización del sistema circulatorio (sangre caliente con formación de un revestimiento velloso, si bien es de nuevo rudimentario en el hombre), el desarrollo prenatal en el seno materno (con formación de una placenta), así como, y ante todo, la disposición específica del telencéfalo con la dominancia de un nuevo tipo de corteza cerebral, el neopalio.

Típico del hombre es el enderezamiento del cuerpo; éste determina, entre otras cosas, la curvatura lordótica de la columna lumbar, la forma ovalada transversa del tórax, el ensanchamiento de las caderas, que junto con el sacro constituyen una pelvis cerrada en forma anular encajada en el tronco, y las típicas bóvedas plantares del pie humano. Con el aumento simultáneo de tamaño de los hemisferios telencefálicos con respecto al cerebro, aumenta también la capacidad del cráneo, cuya abertura, el foramen magnum, es desplazado en dirección basal. El brazo está adaptado para la presión, la cintura escapular movible está unida al tronco. Las piernas llevan la carga del cuerpo, y sólo ellas sirven para el movimiento de progresión. Mediante el aumento de tamaño del hueso coxal y la angulación del ilion y el isquion se consiguen los requisitos para que los músculos glúteos

y los abductores puedan balancear la pelvis (y con ello, también el tronco) incluso en el caso de apoyarse sobre una sola pierna. El centro de gravedad, en el hombre en bipedestación se halla inmediatamente delante de la columna vertebral y cerca de la articulación de la cabeza (fig. **168**), de manera que el equilibrio puede mantenerse con escasa fuerza muscular.

Una característica típica del hombre es la formación de una región glútea y su delimitación por los surcos glúteos. La modificación anatómica de la pelvis, que respondía a la diferenciación estática y motriz, debía estar simultáneamente correlacionada con el cráneo relativamente grande del recién nacido humano con objeto de conseguir un canal del parto con suficientes dimensiones.
No comentaremos aquí las modificaciones anatómicas de las partes blandas consecuentes a las modificaciones del esqueleto. Todos los hechos esenciales para el médico se describen en la parte dedicada a la “Anatomía Especial del Hombre”.

a) División del cuerpo humano

División regional en partes corporales. En el cuerpo humano se distinguen:
el **tronco,** que consta de *cabeza, cuello* y *tronco* propiamente dicho, así como las *extremidades superiores e inferiores,* en número par.
El **tronco** se divide en *tórax* y *abdomen.* La porción inferior del tronco, en cuya constitución intervienen partes de la pared abdominal y de las extremidades inferiores, se denomina *pelvis.* La parte posterior de cuello y tronco se donomina *dorso.*
El *esqueleto* de la **cabeza,** rodea a la *cavidad craneal* que alberga al cerebro. La cavidad torácica está rodeada por la pared torácica, y la cavidad abdominal por la pared abdominal y pélvica.
La **cavidad torácica** está separada de la abdominal por el diafragma. Este contiene la *cavidad pleural* derecha e izquierda, así como el *mediastino.* Cada cavidad pleural está revestida por una membrana serosa, la *pleura parietal,* y contiene el pulmón (derecho e izquierdo respectivamente) que está recubierto por la *pleura visceral* (fig. **33**). En el mediastino se halla la *cavidad pericárdica* que encierra al corazón.
En el **espacio abdominal,** el *peritoneo,* con su hoja parietal, delimita la *cavidad peritoneal* (fig. **33**). Esta contiene los segmentos intestinales (casi) por todas partes recubiertos por la *hoja visceral* del peritoneo (peritoneo visceral), el hígado y el bazo (fig. **34**). En algunas zonas la delgada capa conjuntiva entre la pared abdominal y el peritoneo parietal está engrosada en forma de una potente lámina conjuntiva. Esta parte de la cavidad abdominal situada por fuera de la cavidad peritoneal se denomina *espacio extraperitoneal,* y en ella se distinguen, según su situación, un *espacio retroperitoneal* (por detrás del espacio peritoneal; contiene, entre otros,

los riñones y las cápsulas suprarrenales, fig. **34**) y un *espacio retropúblico* (por detrás de la sinfisis púbica, delante de la vejiga urinaria).

La **cavidad pélvica** continúa el espacio abdominal hacia abajo hasta el suelo de la pelvis. En anatomía topográfica y aplicada, y por motivos prácticos, se denomina *pelvis menor* el departamento de la cavidad abdominal situado por debajo de la línea iliopectínea (cavidad peritoneal + espacio extraperitoneal), y se representa separadamente. Los órganos fijados a la pared pélvica y al suelo de la pelvis constituyen las vísceras pelvianas.

Distribución funcional en sistemas orgánicos. A la división *regional* en partes del cuerpo se puede oponer una clasificación *funcional* en *sistemas orgánicos.*

Los **órganos** son unidades funcionales (más diferenciadas) que se componen de varios tejidos, poseen una estructura y configuración determinadas y realizan misiones específicas. Los órganos que colaboran en la realización de funciones complejas pueden agruparse en *sistemas o aparatos.*

Dado que un mismo órgano interviene constantemente en una serie de diversos procesos (p. ej., el músculo esquelético en la posición y motilidad de partes del esqueleto, en el metabolismo y en la producción de calor), una exposición resumida de tal tipo siempre resultará algo convencional y simplista; no obstante, facilita la imagen de la construcción del cuerpo humano y la mejor comprensión de su organización.

Podemos distinguir los siguientes sistemas y aparatos:

Aparato locomotor

parte pasiva: esqueleto y sus articulaciones
parte activa: musculatura esquelética

Vísceras

Aparato del metabolismo
- Sistema circulatorio
- Sistema endocrino
- Sistema digestivo
- Sistema respiratorio
- Sistema urinario

Aparato genital
- Sistema reproductor

(Sistema urinario, Aparato genital, Sistema reproductor } *Aparato urogenital*)

Aparato de relación
- Sistema nervioso
- Organos de los sentidos
- Piel

El aparato metabólico y el genital reciben el nombre de *vísceras*. Desde el punto de vista anatómico se entiende como tales los órganos o sistemas orgánicos situados en el espacio torácico y abdominal, así como sus conexiones con el exterior o con la periferia corporal. Desde el punto de vista fisiológico podrían designarse como vísceras los sistemas orgánicos que sirven para el desarrollo y mantenimiento del individuo o de la especie.

División de la materia en "anatomía general" y "anatomía especial". En la descripción de la anatomía del hombre puede ocupar una posición central la distribución regional, o sea la *anatomía orientada topográficamente,* o predominar la distribución funcional, o sea la *anatomía orientada funcionalmente.* Como quiera que el médico, al hacer un examen con frecuencia debe abarcar toda una parte corporal, la "anatomía topográfica" se considera como la anatomía propiamente *médica.*

La enseñanza de anatomía clásica, óptima, era en tiempos pretéritos lenta y progresiva. A la enseñanza de las tres "sistemáticas", *aparato locomotor, vísceras, sistema nervioso,* seguía —como coronación y resumen— la topografía. La valoración actual de la lección anatómica en la República Federal Alemana, que por ejemplo se manifiesta en el peso de las distintas asignaturas del currículum de los estudios de medicina, ya no permite realizar el estudio de anatomía de esta manera. A tal motivo responde la distribución de los dos tomos.

En la parte *"Anatomía especial"* (segunda parte del primer tomo y segundo tomo), la *anatomía topográfica* ocupa el centro de la exposición. Pero una anatomía de orientación topográfica presupone conocimientos de la anatomía sistemática. En tanto que en la anatomía topográfica un órgano sólo puede incluirse en una determinada región corporal (por ejemplo el hígado en la región abdominal) puede hablarse de organización sistemática orgánica en el marco de la exposición topográfica. Pero en los casos en los que son precisos conocimientos de anatomía funcional que atañen a otras regiones (en la anatomía sistemática), esta condición previa se consigue en la parte referente a la *"Anatomía general"*.

Aparato locomotor, vasos sanguíneos y linfáticos (sistema circulatorio del aparato metabólico de las vísceras), nervios y piel (sistema de relación) existen en todas las regiones corporales, y por lo tanto en lo que se refiere a su ordenación sistemática no pueden incluirse en ninguna región exclusiva. Por tal motivo ocupan un gran espacio en el capítulo de anatomía general. Las mucosas y membranas serosas, así como las glándulas, son componentes de varios sistemas del aparato metabólico y genital de las vísceras (sistema endocrino, digestivo, respiratorio, urinario y reproductor). Si bien las mucosas, membranas serosas y glándulas se presentan con una configuración y función sistemática específica (propia del órgano), las generalidades referentes a los sistemas se comentan en la "Anatomía General", para evitar las repeticiones.

La parte de *"Anatomía general"* reúne, pues, las condiciones anatómico-sistemáticas precisas, indispensables para la comprensión de la "Anato-

mía especial" pero que no deben tratarse en la "Anatomía especial". Dado que la anatomía sistemática sólo en parte abarca regiones completas, la parte "Anatomía general" contiene la sistemática en *capítulos seleccionados* que no reflejan la anatomía sistemática completa. Una imagen global de la anatomía sistemática y topográfica humana sólo se obtiene con la conjunción de ambas partes.

b) Ejes y planos, Indicaciones de posición y sentido

A través del cuerpo humano y sus partes es posible trazar muchos ejes. Se puede cortar el cuerpo en muchos planos bajo distintos ángulos. Para poder seguir una consideración estandarizada se utilizan como "coordenadas espaciales", tres ejes principales perpendiculares entre sí y los planos determinados por los mismos (fig. **1**).

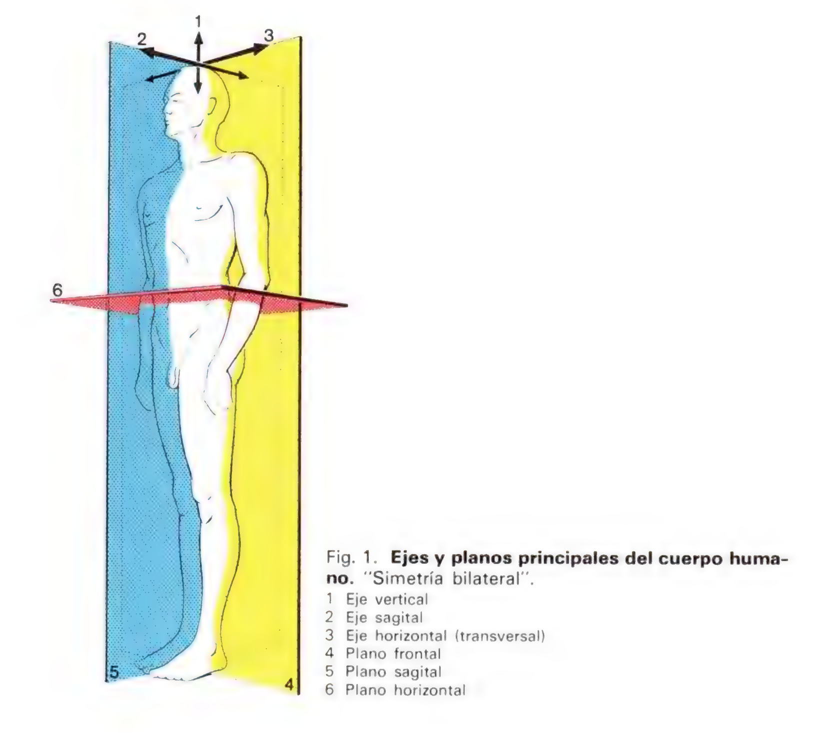


Fig. 1. **Ejes y planos principales del cuerpo humano.** "Simetría bilateral".

1 Eje vertical
2 Eje sagital
3 Eje horizontal (transversal)
4 Plano frontal
5 Plano sagital
6 Plano horizontal

Se distingue:
- un *eje vertical* o *longitudinal,* que discurre longitudinalmente a lo largo del hombre en bipedestación y que incide perpendicularmente en la superficie de apoyo,
- un *eje horizontal o transversal,* que discurre horizontalmente por el cuerpo y une entre sí los correspondientes puntos de ambos lados,
- un *eje sagital,* que es perpendicular a los dos ejes anteriormente mencionados y discurre a través de la pared corporal anterior y posterior en el sentido de una flecha dirigida perpendicularmente al cuerpo.

Como *planos sagitales* se entienden todos los planos verticales del cuerpo humano que están dispuestos en sentido sagital.
El *plano medio* es aquel plano sagital que divide al cuerpo en dos mitades iguales.
Los *planos transversales* son todos los planos de sección horizontal del cuerpo. (Están determinados por un eje horizontal y un eje sagital).

Los *planos frontales* son paralelos a la superficie frontal, por lo que son perpendiculares a los dos planos anteriormente citados.

Para *identificar la situación o sentido* de las partes anatómicas corporales se utilizan distintos términos, cuyo significado es como sigue:

En el tronco:

craneal o superior	hacia el extremo superior de la cabeza
caudal o inferior	hacia el extremo inferior del sacro
ventral o anterior	hacia la parte anterior (abdominal)
dorsal o posterior	hacia la espalda
interno o medial	hacia el plano medio
medio	en el plano medio
externo o lateral	que se aleja del plano medio
central	hacia el interior del cuerpo
periférico	hacia la superficie corporal
profundo	
superficial	

En las extremidades:

proximal	hacia el tronco
distal	hacia el extremo inferior de las extremidades
radial	hacia el pulgar
ulnar o cubital	hacia el dedo meñique
tibial	hacia la tibia (hacia el dedo gordo del pie)
fibular o peroneal	hacia el peroné (hacia el dedo pequeño del pie)
palmar	hacia la palma de la mano
plantar	hacia la planta del pie
dorsal	hacia el dorso de la mano o pie

En la descripción de la situación se parte de un punto de referencia: "El esófago está situado dorsalmente con respecto a la tráquea, y ventral respecto a la columna vertebral. Para la descripción de la dirección, o sentido, se especifica correspondientemente; p. ej.," el esófago discurre por el mediastino en sentido caudal".

Las **abreviaturas** que se utilizan son, entre otras:
A. = Arteria
V. = Vena
N. = Nervio
R. = Rama, ramo
M. = Músculo
Lig. = Ligamento
Proc. = Proceso o apófisis
♂ Hombre, masculino
♀ Mujer, femenino
Para la formación del plural se dobla la última letra de la abreviatura: Aa. = Arterias; Ligg. = Ligamentos.

c) Peso corporal, talla corporal, proporciones

El **peso corporal** del recién nacido maduro, *neonato,* varía casi siempre entre 3000 y 4000 g. (tomo 4: Embriología; Desarrollo del feto). El valor medio, según las investigaciones más recientes, es de 3480 g.

En casos relativamente raros en recién nacidos a término el peso corporal puede ser de 2500 g, en aproximadamente un 10 % de los casos puede por el contrario sobrepasar los 4000 g. Los recién nacidos varones son por término medio 100 g más pesados y miden 1 cm más que las hembras recién nacidas.

Una vez concluido el crecimiento, el peso corporal promedio en jóvenes varones de 18 a 19 años en la República Federal Alemana es de 67,5 kg ± 14,5 kg (= ± 2 σ), en jóvenes hembras de 17 a 18 años es de 59 kg ± 12,5 kg.
La **talla corporal** media (fig. 2) en los recién nacidos varones es de 51,5 ± 3,5 cm, en adolescentes varones de 18 a 19 años es de 177 cm ± 13 cm, y en adolescentes hembras es de 167 cm ± 11 cm.
El *peso corporal* depende ante todo de la talla corporal (fig. **3**), del estado de nutrición y de la función de las glándulas endocrinas. La influencia de la edad es insignificante. La *talla corporal* está influida —más acusadamente que el peso corporal— por factores genéticos.

Los valores extremos obedecen casi siempre a una hipo o hiperfunción de las glándulas endocrinas (hipófisis, tiroides, gónadas). Como regla elemental se considera que el peso corporal (expresado en kg) en el hombre adulto no debe ser superior a la talla corporal en cm menos 100, y en la hembra (de constitución más grácil) algo menos.

Se habla de *hipocrecimiento* o *microsomía*, cuando la talla corporal es de un valor medio entre $-1\ \sigma$ y $-3\ \sigma$. Al concluir el crecimiento, el límite de la talla en adolescentes varones sería entre 170,5 y 157,5 cm, y en adolescentes hembras entre 161,5 y 150,5 cm. Por *enanismo* o *nanosomía* se designa una talla corporal menor

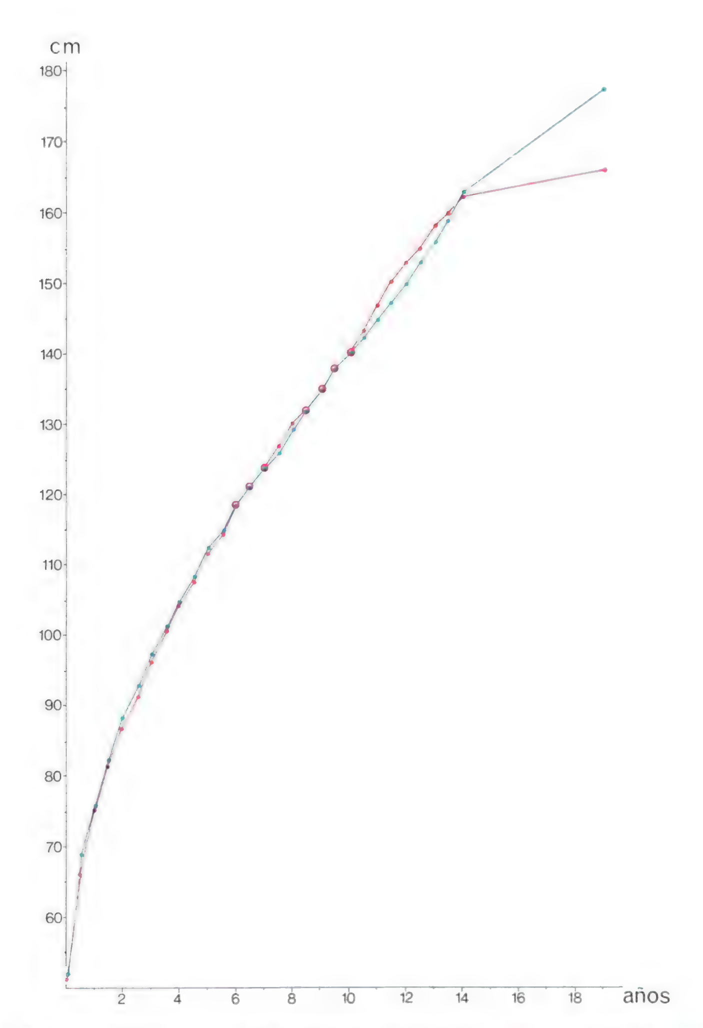


Fig. 2. **Talla corporal media de adolescentes varones** (——) **y hembras** (——). (Valores de medida según KUNZE.)

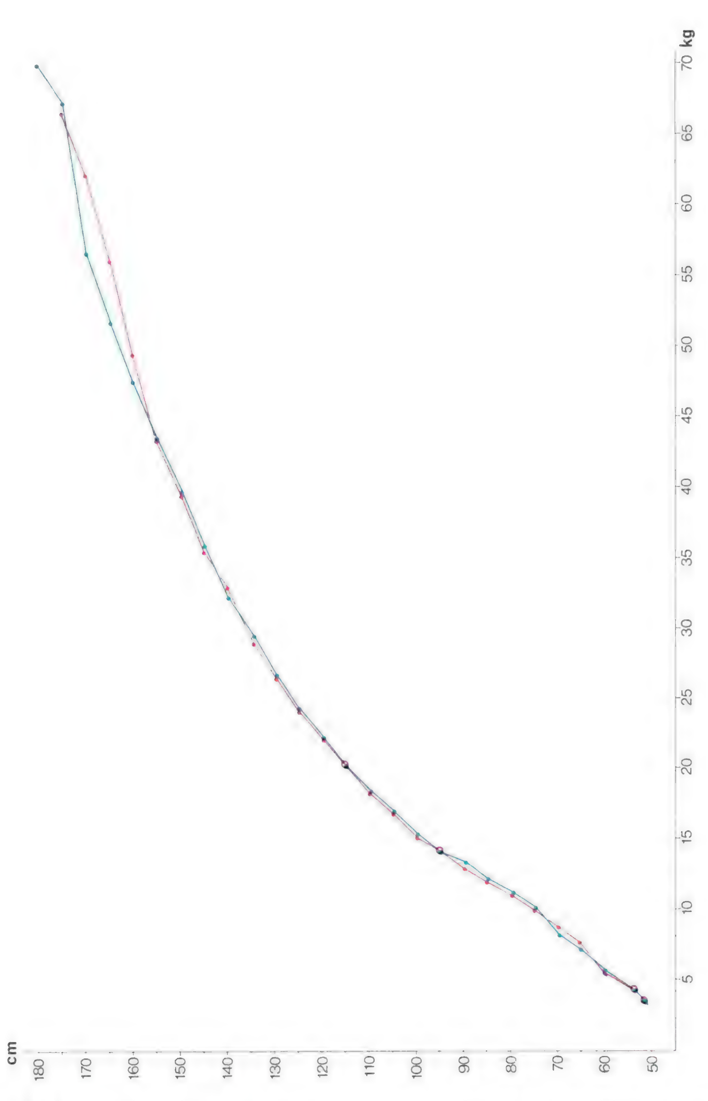


Fig. 3. **Relaciones entre talla corporal y peso corporal en los adolescentes varones (——) y hembras (——) en la ontogénesis postnatal.** (Valores de medida según KUNZE.)

al valor medio $-3\ \sigma$. En consecuencia, debería hablarse de enanismo en adolescentes varones que una vez concluido el crecimiento tienen una talla corporal inferior a 157,5 cm, y en las adolescentes hembras cuando es inferior a 150,5 cm. Por hipercrecimiento o macrosomía se designa una longitud corporal con un valor medio entre $+1\ \sigma$ y $3\ \sigma$. Una talla corporal superior a estas cifras es denominada *gigantismo*. Por lo tanto, existe hipercrecimiento en los varones adolescentes cuando su altura oscila entre 183,5 y 196,5 cm, y en las adolescentes hembras entre 172,5 y 183,5 cm. En caso de una talla corporal superior a 196,5 (♂) o a 183,5 cm (♀) se habla de gigantismo.

Aumento de talla. Desde mediados del siglo XIX se viene observando un *aumento de la talla*. Ello es ya manifiesto en el neonato, una mayor rapidez en el tiempo de desarrollo, la presentación más precoz de la pubertad y un incremento absoluto de la talla final. Según los distintos autores, los factores responsables de la aceleración serían muy diversos. Un papel esencial sería sin duda el positivo cambio experimentado en las condiciones de vida, y sus repercusiones sobre el organismo humano.

El **crecimiento** que en las hembras ha concluido a los 17 ó 18 años, y en los varones a los 18 ó 19, se lleva a cabo en fases de diversa intensidad (brotes de crecimiento) que vienen determinadas genéticamente y (hasta cierto límite) pueden ser modificadas por influencias ambientales.

La velocidad de crecimiento es alta en el primer año de vida (especialmente en el primer semestre). De 3 a 10 años (♀) o hasta 12 (♂) el crecimiento absoluto permanece bastante constante (aumento anual de talla en 5-6 cm, aumento de peso unos 2,5 kg) pero el crecimiento relativo desciende. Alrededor del 6.° año puede observarse un evidente estacionamiento. Un nuevo brote de crecimiento ("crecimiento prepuberal", crecimiento de madurez) tiene lugar en las hembras entre los 10 y 12 años, y en los varones entre los 12 y los 14.

La *madurez sexual* en Europa Central se presenta en las hembras a los 12-13 años, en los varones a los 14-15 años. La *pubertad* comprende el espacio temporal desde el inicio del desarrollo de los caracteres sexuales secundarios hasta la madurez sexual y dura aproximadamente 4 años. La primera menstruación se denomina *menarquia*.

Los siguientes datos respecto al desarrollo del peso y talla corporal son fáciles de retener, si bien indudablemente debe tenerse en cuenta la variabilidad individual.

El *peso neonatal* de un varón es de 3500 g
se duplica a los 5 meses,
se triplica hacia los 12 meses,
se sextuplica hacia los 6 años,
se multiplica por 12 hacia los 12,5 años.

La *talla corporal* es de 51,5 cm en un recién nacido varón
se multiplica por 1,5 al llegar al año,
se duplica hacia los 4 años,
se multiplica por 2,5 hacia los 8 años,
se triplica hacia los 13 años.

La **talla corporal** de un varón
es a los 2 años de unos 88 cm = 50 % de la talla definitiva,
a los 3 años es de unos 97 cm = 55 % de la talla definitiva,
a los 7 años es de unos 124 cm = 70 % de la talla definitiva,
a los 12 años es de unos 150 cm = 85 % de la talla definitiva.

Las proporciones y sus modificaciones. La talla de un hombre alto no es una ampliación a escala de un hombre bajo, ni siquiera de un niño. Los órganos, sistemas orgánicos y partes corporales se desarrollan con diversa rapidez (heterocronía del crecimiento) en la ontogénesis pre y postnatal (desarrollo pre y postnatal individual). Las variaciones de proporción y las diferentes proporciones resultantes se denominan *alometrías*. El crecimiento de la cabeza precede —correlacionado con el desarrollo del cerebro— al crecimiento de las restantes partes corporales. El crecimiento de las extremidades comienza inicialmente de un modo lento pero su duración es más prolongada.

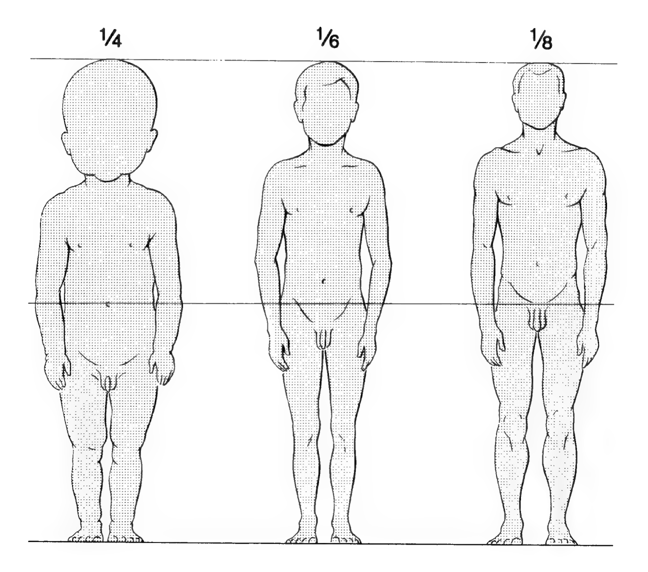


Fig. 4. **Proporciones y variaciones de proporción en la ontogénesis postnatal.** (Modificado según STRATZ.)

La altura de la cabeza importa en el recién nacido aproximadamente 1/4, en el niño de 6 años 1/6 y en el adulto 1/8 de la talla corporal total (fig. **4**). El centro del cuerpo en el recién nacido se encuentra aproximadamente a nivel del ombligo, a los 6 años a una altura media entre el ombligo y la sínfisis púbica, en la mujer adulta en el borde superior, y en el hombre adulto en el borde inferior de la sínfisis púbica.

La talla relativa sentado (referida a la talla corporal) desciende entre el 1.º y 13.º año de vida del 64 % al 51 % (♂) o al 52 % (♀) y hasta los 18 años aumenta nuevamente en 1 %.
La longitud del tronco y la de la extremidad inferior (especialmente del fémur) no mantienen una correlación estricta; por tal motivo existen individuos que son "gigantes de pie" y otros que son "gigantes sentados".
En el recién nacido las piernas son más cortas, en los adultos notablemente más largas que los brazos, el perímetro cefálico y el torácico coinciden aproximadamente en el recién nacido (35 cm), en el adulto ambos perímetros difieren notablemente (56-60 cm y por encima de 75 cm respectivamente).

2. Norma, variabilidad, malformación

Norma. En este tratado se describe la anatomía "normal", o sea, la anatomía del cuerpo humano *sano*. Se considera como *norma* la configuración *típica*, la estructura típica, es decir, la característica estructural observada con *mayor frecuencia* (norma estadística). La característica designada como norma puede encontrarse prácticamente en todos los individuos cuya anatomía se expone tal como se ha descrito, puede hallarse en una mayoría, o también sólo en una minoría, siempre y cuando sea ésta la forma más frecuente que se detecta del órgano o parte orgánica correspondiente.
Como **variación** o *variante* se designan las desviaciones de la constitución anatómica descrita como normal, las cuales no disminuyen (o al menos no en un grado digno de mención) la adaptabilidad del organismo a su ambiente natural. A partir de la variación existe una transición gradual con la modalidad constitucional que se acompaña de trastornos funcionales y que es valorada como *patológica.*

El médico debería pensar siempre que el organismo humano —como todos los objetos biológicos— muestra una notable variabilidad. La variación puede limitarse únicamente a una zona circunscrita (p. ej., variación en una rama de una arteria) o afectar una parte corporal de mayor amplitud (p. ej., situación simétrica de los órganos internos, situs inversus).

Malformación es una desviación permanente de la constitución o estructura histológica del cuerpo humano y de sus partes, debida a alteración del desarrollo morfológico. El curso del desarrollo puede ser inhibido, excesivo o inexistente. La malformación puede deberse a una modificación hereditaria o a la influencia de factores externos (exógenos) que incide en el momento del desarrollo de un organismo (Tomo 4: Embriología; Malformaciones connatales y sus causas).

3. Simetría bilateral

A simple vista el cuerpo humano parece estar constituido simétricamente (fig. **1**). Las extremidades y la mayoría de los órganos se encuentran en número par, los órganos impares están situados frecuentemente en el centro del cuerpo, simétricamente con respecto al plano medio. Sin embargo, una observación más detallada pone de manifiesto que la simetría bilateral, característica típica de los animales vertebrados, no se realiza estrictamente en el hombre. Incluso las extremidades pares son sólo aparentemente simétricas.

En los individuos diestros el brazo derecho es más musculoso y más pesado, la pierna izquierda levemente más larga. Las mitades faciales en modo alguno son totalmente iguales. Si mediante un montaje fotográfico se complementa, en un fotografía frontal, una media cara con la misma mitad facial pero con una copia invertida, resulta otra cara totalmente extraña. Muchos órganos impares como corazón, estómago, hígado, bazo, intestino grueso y delgado están en una situación más o menos excéntrica. Incluso órganos pares (como los pulmones, riñones o las cápsulas suprarrenales) presentan asimetrías de forma o de situación. La simetría bilateral se verifica en el cuerpo humano sólo hasta el punto que exige la conservación del equilibrio en la bipedestación y en la marcha.

4. Metamería de la pared del tronco

Como *metamería de la pared del tronco* se designa la constitución de la pared del tronco a partir de segmentos *(metámeros)* en principio iguales, que se suceden, en sentido cráneo-caudal y constan de un segmento muscular junto con la correspondiente vascularización e inervación de un segmento del esqueleto axial y de un segmento cutáneo.

En la región del cuello, esta distribución metamérica existe en el período postnatal sólo en los músculos cortos de la nuca y de la columna cervical. En las cavidades del cuerpo y su contenido nunca están divididas metaméricamente. Tampoco la histología del sistema nervioso central permite identificar una segmentación primaria.

Los tortuosos movimientos del tronco de los animales vertebrados primitivos requieren una distribución segmentaria de la musculatura de la pared del tronco y una correspondiente segmentación del esqueleto axial. También en el hombre, los esbozos (blastemas) de la musculatura del tronco y los elementos del esqueleto axial están dispuestos segmentariamente (Tomo 4, Embriología; La diferenciación de los somitos). Esta metamería primaria de la musculatura de la pared del tronco origina la formación de *vasos segmentarios* (Aa. y Vv. intercostales y lumbares) y de *nervios segmentarios* (Nn. espinales) (fig. **25**, **49**). Esta determina secundariamente la segmentación del esqueleto axial (Tomo 4; Embriología; columna vertebral).

La disposición metamérica de la pared del tronco se ve en algunas zonas disimulada debido a que durante el desarrollo embrionario los músculos segmentarios se unen en grandes masas musculares (músculos dorsales largos, músculos abdominales, musculatura ventral del cuello) y los músculos de la extremidad superior alcanzan a la pared del tronco. Sin embargo, los músculos unisegmentarios cortos de la espalda y los intercostales, los vasos y nervios segmentarios, así como la distribución segmentaria de la columna vertebral y costillas permiten identificar la metamería de la pared del tronco también en el adulto.

Por *Branquiomería* se entiende la sucesión seriada, dirigida en sentido cráneo-caudal de determinados elementos estructurales del intestino branquial en la formación de la cabeza y cuello de los animales vertebrados, p. ej. el desarrollo embrionario de los arcos branquiales, bolsas faríngeas y surcos branquiales (tomo 4: Embriología; intestino branquial). La branquiomería y la metamería de la pared del tronco tienen lugar independientemente una de otra, aunque en las zonas limitantes, los somitos y las branquias se solapan, y así coinciden en el mismo corte transversal. La branquiomería conduce igualmente de un modo transitorio o permanente a la formación de partes estructurales segmentarias (arcos branquiales músculos branquiales, arterias de los arcos branquiales, nervios branquiales). Sin embargo, la sucesión seriada de los nervios branquiales no tiene nada que ver con la ordenación segmentaria de los nervios espinales. La cabeza y tronco están organizados distintamente. La formación de la cabeza, *cefalogénesis,* y la formación del tronco, *notogénesis,* son en principio dos procesos independientes.

5. Caracteres sexuales primarios y secundarios

Caracteres sexuales primarios son los *órganos sexuales primarios* (testículos y ovarios, en los que se desarrollan las células germinativas) formados durante el desarrollo prenatal, así como los *órganos sexuales secundarios* (vías sexuales excretoras + órganos sexuales externos).
Caracteres sexuales secundarios, aparecen durante la pubertad. También se les denomina *órganos sexuales accesorios* y son los caracteres que diferencian los sexos y las peculiaridades de constitución (en distintas partes corporales) que no tienen una relación inmediata con las funciones sexuales. La formación de los caracteres sexuales secundarios es provocada por la mayor excreción de hormonas hipofisarias (gonadotropinas), que estimulan la producción de hormonas (andrógenos y estrógenos) en las gónadas. La característica sexual secundaria más llamativa de la mujer son las glándulas mamarias, entre las cuales profundiza el surco medio de la pared torácica dividiendo las dos mamas. Entre hombre y mujer existen típicas diferencias de talla y proporción. En el hombre, el esqueleto y la musculatura esquelética presentan un mayor desarrollo, mientras que el almacenamiento más acentuado de tejido graso subcutáneo hace que el cuerpo femenino tenga una apariencia más redondeada y más blanda. Llama la atención la mayor formación de vello facial en el hombre, la

variada formación y limitación del vello corporal y, en el hombre, la mayor prominencia de la nuez de Adán.

La pelvis femenina es más ancha, más baja, el ángulo púbico es redondeado y mayor de 90° (fig. **119**). En el hombre, el tronco es ancho en la región de los hombros y claramente más estrecho en la cadera, mientras que en la mujer ambas anchuras más bien se corresponden.

6. Tipos de constitución corporal

Todo hombre posee una constitución corporal propia y exclusiva. No obstante, se observó que determinadas características corporales están a menudo combinadas en el mismo individuo. La catalogación de tales características constitucionales que se presentan conjuntamente permiten establecer diferentes *tipos de constitución* y con ello la ordenación en grupos de la variedad individual. Tal combinación de características corporales está frecuentemente vinculada con ciertas cualidades de carácter y determinadas peculiaridades espirituales. El tipo de constitución corporal constituye por tanto el substrato morfológico de la *constitución* en general, es decir, el conjunto corporal-intelectual-espiritual de un determinado grupo de hombres que fueron agrupados en virtud de una serie de caracteres corporales coincidentes. Los fundamentos de la constitución vienen determinados por factores genéticos, la expresión o característica individual existente en un momento determinado —dentro de las posibilidades de reacción típicas para cada individuo— es determinada por factores ambientales.

El concepto "constitución" es objeto de distintas definiciones, según las diversas especialidades y los distintos autores. En clínica es utilizado frecuentemente en el sentido de "predisposición" (predisposición a la enfermedad).

Para el médico, el conocimiento de la constitución de un paciente es de gran importancia. La clasificación de un paciente dentro de un determinado tipo corporal, realizada con la ayuda de los caracteres externos, puede proporcionar al médico indicios referentes a la estructura fundamental intelectual-espiritual de este paciente. Sin embargo, la indución en un determinado tipo corporal es a veces dificultosa porque la mayoría de seres constituyen tipos mezcla y los tipos puros son bastante raros.

Recurriendo a distintos criterios, varios autores elaboraron una serie de sistemas para delimitar los tipos constitucionales. La clasificación de KRETSCHMER fue objeto de una gran difusión; distingue los tres tipos principales siguientes:
Tipo leptosómico: estrecho, flaco, brazos y piernas largas y delgadas, cuello estrecho, cara delgada. (La forma extrema, con un peso muy escaso en relación con la talla, se denomina tipo asténico.)
Tipo atlético: huesos grandes, musculatura potente, hombros anchos, cuello ancho con potente desarrollo del músculo trapecio.
Tipo pícnico: configuración rechoncha, tórax ancho, tendencia al acúmulo de grasas, cuello corto, cara ancha.

II. Aparato locomotor

Los elementos esqueléticos óseos y cartilaginosos que están unidos por estructuras de tejido conjuntivo constituyen el armazón del cuerpo, el **esqueleto.** Sus partes son movidas o mantenidas en una posición determinada por la musculatura esquelética. Esqueleto y sistema muscular los agrupamos bajo el concepto global de **aparato locomotor.**

El *aparato locomotor pasivo* consta del esqueleto y de las articulaciones esqueléticas, el *aparato locomotor activo* está formado por la musculatura esquelética.

El **número de huesos** del cuerpo humano es superior a 200. No se puede precisar dado que, por ejemplo, aparecen huesos supernumerarios (vértebras, pág. 485), en las suturas del cráneo pueden formarse huesos de sutura o pueden desarrollarse huesos accesorios (p. ej., hueso trígono). La unión usual de ambos frontales puede faltar. La cantidad de huesos sesamoideos varía y, finalmente, en los huesos tubulares jóvenes deberían contarse separadamente los "huesos" diafisarios y epifisarios aún no osificados.
En condiciones patólogicas pueden también formarse huesos eterotópicos en lugares atípicos (p. ej., en los aductores del muslo).

A. Elementos y principios estructurales del esqueleto

1. Materiales de construcción del esqueleto

Los elementos esqueléticos constan, en el adulto, casi exclusivamente de *tejido óseo.* El *tejido cartilaginoso* únicamente recubre los extremos articulares de los huesos, forma la parte de las costillas cercana al esternón, los cartílagos costales, y constituye partes del esqueleto nasal, el cartílago nasal, así como el extremo cartilaginoso del apéndice xifoides en el esternón.
Una envoltura conjuntiva envuelve como una media los elementos esqueléticos, excepto el cartílago articular. En el hueso se denomina *periostio* y en el cartílago *pericondrio.* Él periostio o pericondrio limitan el tejido esquelético. Al mismo tiempo unen los elementos esqueléticos entre sí y con otros elementos.
Cada hueso permite reconocer en corte transversal una capa cortical, la *sustancia ósea cortical,* y encerrada en ella una malla de trabéculas óseas, la *sustancia esponjosa* (fig. **6a, 9**). Según el tipo de hueso varían el espesor de la cortical y la densidad de la esponjosa. En los espacios de la malla se encuentra la *medula ósea.* Los orificios macroscópicamente visibles en la

cortical permiten el paso de vasos sanguíneos y nervios hacia la medula ósea y la sustancia esponjosa.

El **tejido** óseo consta de *celulas óseas,* los *osteocitos* (en los huesos laminares, o largos, 700-800/mm^2) y de una *sustancia ósea fundamental* orgánica calcificada (Tomo 3: Histología; Tejido óseo).

Los osteocitos están en contacto entre sí mediante numerosas prolongaciones ramificadas que forman una malla. Las células óseas se encuentran en cavidades óseas y sus prolongaciones en los canalículos óseos.

La sustancia fundamental consta de fibrillas colágenas y de una sustancia orgánica aglutinante (mucopolisacárido), en la que se encuentran incluidas sales minerales (sobre todo apatita hidroxílica = compleja asociación calcio-fósforo).

En la sustancia desecada del hueso diferenciado, el componente orgánico es aproximadamente de 1/3 (ante todo, colágeno), la parte de los componentes inorgánicos es de unos 2/3.

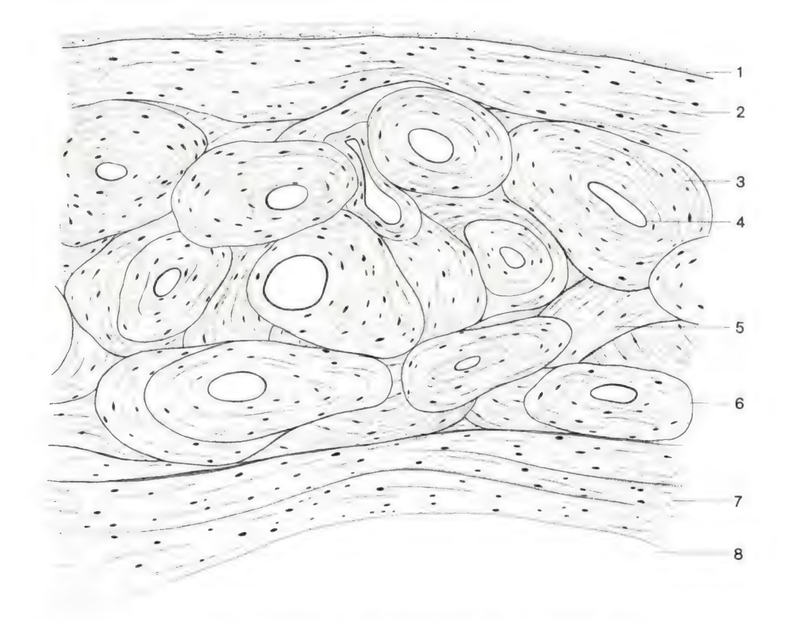


Fig. 5. **Corte horizontal a través de la compacta de un hueso largo.**

1 Periostio
2 Laminillas generales externas
3 Osteón (sistema de Havers)
4 Conducto de Havers
5 Laminillas intermedias
6 Línea de cemento
7 Laminillas generales internas
8 Cavidad medular

Si se sumerge un hueso en ácidos débiles, las sales minerales se desprenden del mismo. Como residuo de la sustancia fundamental orgánica quedan las fibrillas colágenas, así como las células óseas atrofiadas. El *hueso decalcificado* conserva su forma externa pero pierde su consistencia. Es flexible y friable. Si, por el contrario, se elimina el material orgánico mediante calcinación, la forma externa persiste igualmente. Sin embargo, el *hueso calcinado* es cristalino y frágil y se rompe a la menor presión.

En los huesos embrionarios las fribrillas colágenas forman una red: hueso reticular (hueso fibrilar). Hasta el final del primer decenio de vida este hueso reticular es modificado notablemente y es sustituido por el hueso laminar, que posee un mayor valor mecánico. El hueso reticular persiste únicamente en las suturas craneanas, en el laberinto óseo y en las zonas de penetración tendinosa.

En el *hueso laminar* (fig. **5**) las fibrillas colágenas se encuentran reunidas en una sustancia aglutinante en laminillas de 5-10 μm de espesor y transcurren casi paralelas. El ángulo de elevación y la dirección de la curvatura de las fibrillas varía individualmente. La unidad estructural del hueso laminar, que se manifiesta típicamente en la compacta de los huesos largos, es el *osteón* (sistema de Havers), o sea la totalidad de las laminillas ordenadas (más o menos) en disposición concéntrica alrededor de un canal óseo, el *conducto de Havers*. Los conductos de Havers (∅ aprox. 20-110 μm) contienen 1-2 vasos (venas capilares o postcapilares, más raramente arteriolas) y, como estos vasos, forman un sistema de tubos ramificados en ángulo agudo. Los osteones no son, pues, unidades funcionales totalmente delimitadas, sino fragmentos (0,5 hasta unos 2 cm de longitud) de un sistema coherente. El espacio entre los osteones es delimitado por fragmentos segmentarios de los antiguos sistemas de Havers, las *laminillas intermedias* (estructura del hueso: constituida por fragmentos petrosos que están cementados por una masa aglutinante). Hacia la superficie y hacia la cavidad medular el conjunto de osteones y laminillas intermedias es bordeado por *laminillas generales* internas y externas (laminillas fundamentales).

La laminilla general externa individual discurre paralelamente a la superficie pero no rodea a todo el hueso. Las laminillas generales internas se continúan en las trabéculas de la esponjosa. Las líneas de cemento (sustancia fundamental orgánica pobre en fibrillas) delimitan los diversos sistemas de laminillas entre sí. La esponjosa puede desviarse notablemente de este modelo estructural del hueso laminar y en algunos huesos estar constituida exclusivamente por sistemas de laminillas similares a las laminillas intermedias.

Vascularización del hueso. A través de las laminillas generales externas salen del periostio vasos sanguíneos para la vascularización del tejido óseo. Discurren en los denominados *canales de Volkmann*, que no están rodeados por laminillas, se continúan en los vasos de Havers y están también en conexión con los vasos de la medula ósea.

Resistencia del hueso. Los huesos son órganos resistentes, duros y (en caso de requerimiento dentro de los límites fisiológicos) elásticos. La resistencia a la presión del hueso laminar sobrepasa la resistencia a la tracción (en la compacta de los huesos tubulares largos unos 15 ó 10 kg/mm^2). La capacidad de respuesta a la torsión es menor. En comparación con el cartílago hialino, el tejido óseo tiene una resistencia unas 10 veces mayor a la presión o tracción.

La estructura laminar del tejido óseo aumenta la consistencia del hueso. Las fibrillas colágenas siguen un trayecto alejado en el hueso (por el contrario en el tejido conjuntivo el trayecto es ondulado), están tensas. Mediante la unión con cristales inorgánicos sobrepuestos (o incluidos?) los fascículos de fibrillas colágenas resistentes a la tracción adquieren también una determinada resistencia a la presión.

Transformación del hueso. Inmediatamente después del inicio del desarrollo embrionario del hueso comienza ya una destrucción del tejido óseo por los osteoclastos (células grandes, plurinucleares, de vida corta. En las trabéculas óseas se ven depresiones irregulares (lagunas de Howship). El hueso se encuentra durante toda la vida en una reconstrucción constante (Tomo 3: Histología; transformación del hueso). En la fase de crecimiento predomina la neoformación del hueso. En la vejez, debido a la destrucción relativamente más intensa el hueso se hace más delgado y frágil. Las trabéculas de la esponjosa sufren una rarificación, entonces se pone más de manifiesto el principio de construcción trabecular. (El contenido de agua del hueso disminuye en la vejez del mismo modo que los componentes inorgánicos).

Adicionalmente a la continua transformación del hueso se producen modificaciones de la forma ósea y de la arquitectura de la esponjosa en caso de existir una variación de las condiciones mecánicas (fractura, procedimientos quirúrgicos ortopédicos). En la osteosíntesis normal y patológica desempeñan un importante papel las hormonas (ante todo la parathormona) y las vitaminas (vitamina A en la transformación ósea, vitamina C en la formación de la sustancia fundamental, vitamina D en la mineralización del tejido óseo) (Tomo 3: Histología; tejido óseo, hormonas y vitaminas).

Tejido cartilaginoso. Como tejido cartilaginoso en el sistema esquelético se encuentra casi exclusivamente el cartílago hialino (Tomo 3: Histología; tejido cartilaginoso). Es elástico a la presión, friable y, en láminas delgadas, transparente. El *cartílago hialino,* rico en agua (60-70 % H_2O) consta de *células cartilaginosas* (a menudo reunidas en pequeños grupos), los *condrocitos*, y de una *sustancia fundamental cartilaginosa* amorfa (sulfato de condroitina y glucoproteínas) en la que se hallan incluidas *fibras colágenas "enmascaradas"* (no demasiado visibles al microscopio óptico).

Las células cartilaginosas son esféricas u ovoides, aplanadas en la superficie de contacto con las células vecinas. En el cartílago maduro están rodeadas por una cápsula cartilaginosa intensamente basófila (pared de la cavidad cartilaginosa, en

la que está situada la célula cartilaginosa) y por una zona igualmente basófila, el halo cartilaginoso (en células individuales) o el territorio (cuando se trata de un grupo de condrocitos). La sustancia interterritorial es menos basófila. La distribución territorial resulta de una división desigual de los ácidos condroitinsulfúricos, que se hallan sobre todo en las cápsulas cartilaginosas, pero también en los halos y territorios cartilaginosos.

Los estudios ópticos de polarización han demostrado que en las cápsulas cartilaginosas las fibras colágenas están desarrolladas con especial densidad y rodean a los halos o territorios del cartílago a modo de cáscara: *condronas*. En la zona interterritorial se entrecruzan las fibras colágenas, hacia fuera pasan a los fascículos de fibrillas colágenas del pericondrio. Las condronas, como cuerpos elásticos a la presión, constituyen los elementos estructurales funcionales básicos del cartílago hialino, los cuales, mediante haces de fibrillas interterritoriales, son agrupados en unidades estructurales de orden gradualmente superior (haces de dos, de cuatro, etc. hasta llegar el pericondrio).
El tejido cartilaginoso carece (casi) de vasos sanguíneos y no posee ni vasos linfáticos ni nervios. La nutrición tiene lugar por difusión a partir del pericondrio; en el cartílago articular la nutrición corre a cargo del líquido sinovial.

Con la edad se presentan alteraciones degenerativas. En los cartílagos de mayor tamaño, en las partes centrales se puede observar una degeneración asbestiforme de las fibras y un almacenamiento de sales minerales.

El **pericondrio**, que pasa sin transición brusca al tejido cartilaginoso, consta de tejido conjuntivo rígido y contiene también redes elásticas y lleva vasos sanguíneos y nervios.

El *cartílago hialino* crece intersticialmente (por división de los condrocitos) y aposicionalmente (a partir del pericondrio).
El *cartílago fibroso* reviste las superficies articulares de la articulación maxilar y de las clavículas. Se encuentra en los discos intervertebrales y en la sínfisis del pubis. Entre fibras colágenas densamente comprimidas (no enmascaradas) se encuentran pequeños islotes de escasa sustancia fundamental cartilaginosa, que encierran cada uno una célula cartilaginosa (o un grupo de las mismas). En los discos interarticulares apenas existe depósito de condromucoide en torno a las "células cartilaginosas".

Periostio. Débilmente brillante, ligeramento amarillento, envuelve al tejido óseo como una media (fig. **5, 6**) y sirve como superficie de adherencia para los tendones y ligamentos. Una capa fibrilar externa (red de fibras colágenas, redes elásticas) y una capa interna rica en células, conductora de vasos y nervios, que limita inmediatamente con el tejido óseo, únicamente se distinguen con evidencia en el hueso en crecimiento.

En la fase de osteogénesis, en la capa interna denominada entonces cámbium se diferencian osteoblastos que secretan la sustancia fundamental ósea (desarrollo en espesor del hueso). La capa fibrosa está fijada al tejido óseo mediante haces de

fibras colágenas, *fibras de Sharpey*, que penetran en sentido radial en las laminillas generales. En los extremos articulares se continúa con el estrato fibroso de la cápsula articular.

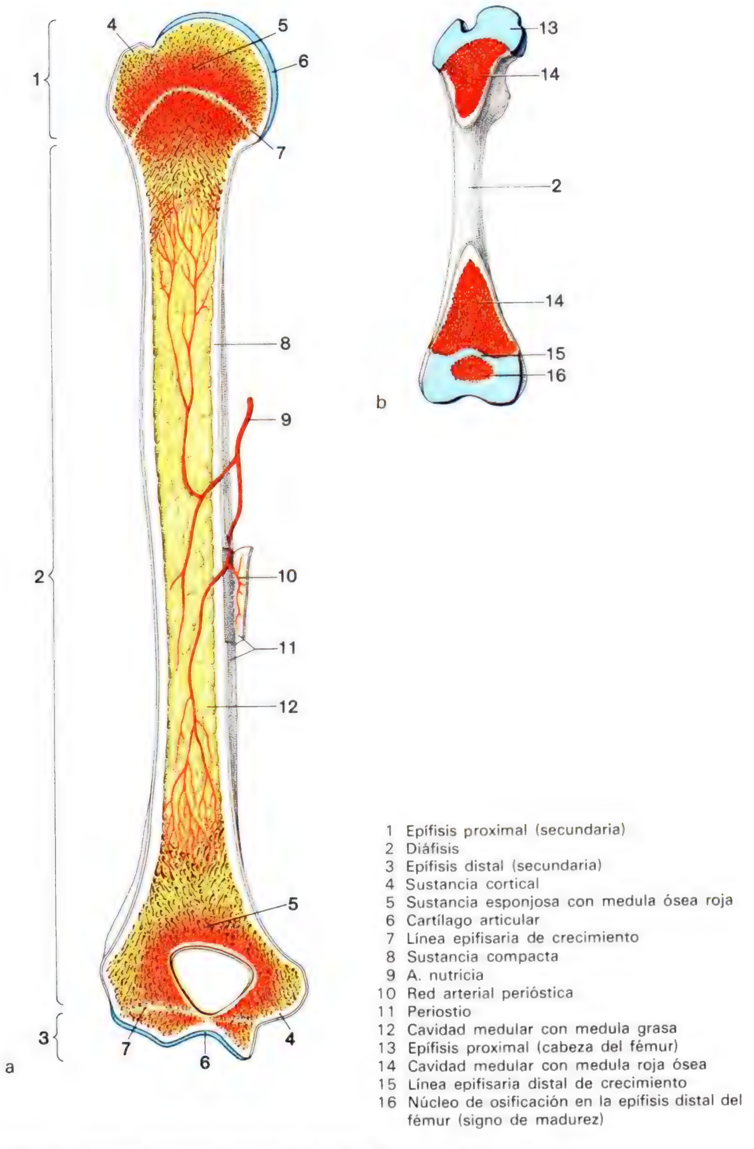
De la red vascular perióstica parten vasos sanguíneos hacia los canales de Volkmann, y de los plexos nerviosos del periostio, que está ricamente inervado y es muy sensible al dolor, parten fibras nerviosas mielinizadas y desmielinizadas que van al tejido óseo.

En la **curación de las fracturas** tienen una especial importancia el periostio, las células conjuntivales en los canales de Havers y el tejido reticular de la medula ósea. A partir de estas estructuras de tejido conjuntivo, sobre y entre los extremos de fractura del hueso se forma inicialmente un tejido de sostén rico en células y vasos, el *callo*. Las células conjuntivales se diferencian en osteoblastos. En la sustancia fundamental se almacenan sales minerales. El callo de osificación así originado (hueso trenzado) se transforma luego en hueso laminar. (Duración de la curación de una fractura según la localización y otros factores, de algunas semanas hasta meses.) [En el caso de que los extremos óseos estén insuficientemente fijados no se produce la diferenciación del tejido óseo.] En la unión fibrosa de los fragmentos fracturados se produce una *seudoartrosis.*

Si mediante medidas quirúrgicas especiales, osteosíntesis, se adaptan estrechamente los extremos fracturados y se someten a una fijación, de manera que la hendidura ósea sea insignificante, no se forma ningún callo. La curación de una fractura (sin formación de callo) se produce del mismo modo que la transformación ósea.

Medula ósea. Los espacios medulares del hueso contienen la medula ósea (fig. **6**), cuya masa total constituye casi el 5 % del peso corporal (Tomo 3: Histología; medula ósea). En el adulto, la medula ósea roja (eritropoyética), que en el niño rellena los espacios medulares de todos los huesos, existe solamente en los huesos cortos y planos, así como con distinta intensidad en las epífisis de los huesos tubulares (fig. **30c**). En las cavidades medulares de las diáfisis se ha transformado en medula grasa. En el adulto sano el componente cuantitativo de medula roja y medula grasa es aproximadamente el mismo.
La irrigación sanguínea de la medula ósea tiene lugar a través de los vasos nutricios (fig. **6a**). Los capilares desembocan en senos de luz amplia, cuyas células endoteliales (células marginales) pueden fagocitar y almacenar substancias.

Al microscopio óptico la pared del seno aparece cerrada. Al microscopio electrónico son visibles finas aberturas en el endotelio. El paso de las células sanguíneas maduras al interior del torrente circulatorio tiene lugar en el caso de los granulocitos de manera intercelular activa, y posiblemente también de manera intracelular. En el caso de los eritrocitos no está aún aclarado totalmente cómo consiguen atravesar la barrera medula-sangre.



1 Epífisis proximal (secundaria)
2 Diáfisis
3 Epífisis distal (secundaria)
4 Sustancia cortical
5 Sustancia esponjosa con medula ósea roja
6 Cartílago articular
7 Línea epifisaria de crecimiento
8 Sustancia compacta
9 A. nutricia
10 Red arterial perióstica
11 Periostio
12 Cavidad medular con medula grasa
13 Epífisis proximal (cabeza del fémur)
14 Cavidad medular con medula roja ósea
15 Línea epifisaria distal de crecimiento
16 Núcleo de osificación en la epífisis distal del fémur (signo de madurez)

Fig. 6. **Cortes longitudinales a través de huesos largos.**
a Hueso tubular (húmero) de un adulto
b Extremo proximal y distal de un hueso tubular (fémur) de un recién nacido.

2. Tipos de huesos

Según la forma externa distinguimos huesos *largos, cortos* y *planos*. Esta división es ciertamente muy esquemática y no es aplicable a todos los huesos, pero no obstante es importante porque a las diversas formas corresponden diferencias típicas de estructura.

Huesos cortos (cuerpos vertebrales, huesos del carpo y tarso). Poseen casi siempre una capa cortical delgada, que encierra un entramado de trabéculas de esponjosa. No existe una cavidad medular unitaria, el espacio medular está dividido muy variablemente por tiras de esponjosa.

Huesos largos (huesos tubulares: húmero, radio, cúbito, fémur, tibia y peroné, huesos metacarpianos y metatarsianos). Poseen un cuerpo medio tubular, la *diáfisis*, cuya capa cortical está formada como masiva compacta, la *sustancia compacta* (fig. **6a, 8**). Los extremos de los huesos, *epífisis*, constan de esponjosa revestida por una cortical más o menos delgada. En la cavidad medular existen unas trabéculas de esponjosa extraordinariamente finas.

Huesos planos. A consecuencia de su diversidad de exigencias mecánicas muestran determinadas diferencias estructurales. Los huesos de la bóveda craneana y de las costillas poseen en su cara externa e interna fuertes capas de sustancia compacta, entre las que se tensa una resistente trama de trabéculas óseas, que en los huesos del cráneo se denomina *diploe* (fig. **8**). En la escápula y en la cadera la estructura ósea consta de una fuerte compacta, que encierra una pequeña cantidad de hueso esponjoso. En cambio la parte central del ala del hueso iliaco y de la escápula y las delgadas placas óseas del cráneo (p. ej., en el etmoides) están formadas únicamente de una capa ósea unitaria.

3. Huesos de sustitución y huesos de cobertura

Durante el desarrollo embrionario casi la mayoría de los elementos esqueléticos son esbozados inicialmente como cartílago. Durante la ontogénesis pre y postnatal se presentan en su lugar los *huesos de sustitución* (*osificación condral*, tomo 3: Histología; osteogénesis). La destrucción y sustitución de los fragmentos esqueléticos preformados por cartílago comienza aproximadamente en la séptima semana embrionaria y no está concluida totalmente hasta el comienzo del tercer decenio de vida. Los huesos de la bóveda craneana, y casi todos los huesos de la cara y la clavícula se originan directamente del mesénquima: *osificación desmal*. Se denominan *huesos de cobertura*.

No obstante, para la clasificación de un hueso en el grupo de los huesos de sustitución o en el de cobertura no es decisivo, como parece desprenderse de la caracterización antes citada, la modalidad de histogénesis (osificación desmal o condral). Los conceptos "huesos de sustitución" y "huesos de cobertura" no son histogenéticos, sino morfológicos. Los huesos de cobertura son derivados del esqueleto

externo (exoesqueleto) de los animales vertebrados primitivos; los huesos de sustitución, por el contrario, son derivados del esqueleto interno (endoesqueleto) de los vertebrados inferiores, que posiblemente constaban de un cartílago mucoso primitivo.
El hueso que se origina en el tejido conjuntivo pero que guarda una muy estrecha relación con huesos preformados de cartílago se denomina "*hueso de crecimiento*" (p. ej., formación del relieve detallado del peñasco, pared lateral del conducto facial; el complemento de la incisura oval en foramen oval del ala mayor del esfenoides, etc.). Este "*hueso de crecimiento*" de origen no cartilaginoso, morfológicamente es no obstante un hueso de sustitución. En los mamíferos (y por tanto también en el hombre) se encuentran distintamente formas intermedias de hueso en las que se reúnen huesos de sustitución y de cobertura. La escama del occipital contiene, por ejemplo, la interparietal de hueso de cobertura, y en el temporal la parte escamosa y la timpánica son huesos de cobertura (escamoso, timpánico), la parte petrosa y la apófisis estiloides son huesos de sustitución.

4. Crecimiento del hueso

El **crecimiento longitudinal de los huesos tubulares** es un *crecimiento del cartílago* intersticial (tomo 3: Histología; formación del cartílago). Tiene lugar en una zona de proliferación o crecimiento situada en la delimitación entre diáfisis y epífisis. Aquí, a causa de una intensa división celular, tiene lugar la neoformación de tejido cartilaginoso que es simultáneamente destruido a partir de la diáfisis, y posteriormente también de la epífisis, y es sustituido por tejido óseo. Así se origina una *línea epifisaria cartilaginosa* (placa cartilaginosa, fig. **6b, 9**). Tan pronto como la destrucción del cartílago adelanta más rápidamente que su crecimiento, la línea cartilaginosa se hace más delgada. El crecimiento longitudinal ha concluido cuando la línea epifisaria cartilaginosa ha sido destruida totalmente y ha sido sustituida por la *línea epifisaria de osificación* (fig. **6a**). Este momento, para las epífisis de los distintos huesos tubulares largos, se encuentra entre los 13 y los 25 años.

Mientras la epífisis es aún cartilaginosa, su crecimiento es también intersticial. La contribución al crecimiento longitudinal aportada por el cartílago entre el núcleo epifisario de osificación y la cara articular es, sin embargo, escasa. En los huesos cortos (sin línea epifisaria cartilaginosa) el crecimiento tiene lugar en una de las zonas de proliferación del cartílago vecina al núcleo de osificación.

El **crecimiento en espesor del hueso tubular** se realiza sin participación del tejido cartilaginoso y, como crecimiento aposicional del hueso, procede del estrato del cámbium del periostio. Los osteoclastos destruyen simultáneamente el hueso desde la parte interna, de manera que la compacta no se hace desproporcionadamente gruesa. Correspondientemente, se ensancha la cavidad medular.

El **crecimiento en superficie de los huesos planos** de la bóveda craneana tiene lugar en los bordes, en las suturas craneanas. Al mismo tiempo se realizan procesos de

síntesis y destrucción en la superficie externa e interna de estos huesos, y llevan a cabo las modificaciones necesarias para el cráneo, que aumenta progresivamente de tamaño. El hueso todavía uniestratificado de la calota craneal del recién nacido se hace triestratificado.

El crecimiento óseo es regulado por hormonas. Las del lóbulo anterior de la hipófisis y la hormona tiroidea aceleran el crecimiento óseo; las de la corteza suprarrenal y la hormona sexual inhiben el crecimiento.

La castración antes de la pubertad ocasiona un gigantismo eunucoide; el déficit de vitamina D produce un trastorno de la osificación. El desprendimiento epifisario traumático (p. ej., desprendimiento de la cabeza del húmero en caso de fallo obstétrico) o una enfermedad de la línea epifisaria originan un trastorno del crecimiento de los elementos óseos lesionados o enfermos.

Núcleos de osificación. La osificación del esqueleto parte de los denominados puntos de osificación. Estos centros de osificación demostrables radiológicamente (como consecuencia de la inclusión de sales cálcicas) se denominan también *núcleos de osificación* (fig. **6b**). Se presentan típicamente en determinadas fases del desarrollo pre o postnatal, a veces dentro de un período temporal corto y otras dentro de unos límites bastante más amplios. Los núcleos de osificación en la epífisis distal del fémur y en la próximal de la tibia se originan en el último mes fetal y se consideran *signos de madurez.*

Los núcleos de osificación no se observan hasta después del nacimiento en los huesos cortos de las extremidades (a excepción del astrágalo, calcáneo y cuboides) y en la mayoría de las epífisis de los huesos tubulares largos. Los núcleos de osificación en las *apófisis* (prolongaciones óseas para la fijación de músculos y ligamentos, fig. **9**) no aparecen por lo general hasta el 2.º decenio de vida. Basándose en la cantidad, forma y tamaño de los núcleos de osificación demostrables radiológicamente en una determinada edad, el médico puede enjuiciar el estado de *madurez esquelética.*

5. Arquitectura funcional del hueso

El esqueleto óseo está construido como una *construcción ligera,* es decir, con un *mínimo relativo de material.* El hueso contiene sólo la cantidad de material de construcción requerida para la máxima exigencia que puede presentarse en condiciones normales, incluida una determinada medida de seguridad. Cualquier exceso de sustancia ósea sería extraordinariamente antieconómica, pues la masa ósea no sólo debe ser movilizada sino que, incluso en estado de reposo, debe ser alimentada, y para ello se necesita tanto consumo de energía como la que se precisa para la constante transformación fisiológica de la estructura ósea.

Para una construcción ligera como es la del hueso, resulta forzoso que la relación entre resistencia y máxima exigencia en condiciones fisiológicas debe ser igual en todos los lugares; en el aspecto técnico el hueso es un cuerpo de resistencia uniforme. Como quiera que el esqueleto realiza su

función con un mínimo gasto de material (principio del máximo y mínimo) lo denominamos como *adaptado funcionalmente*. Este estado se consigue mediante una *adaptación funcional*. Según ROUX, el fundador de la teoría de la adaptación funcional, se produce una "adaptación a la función" mediante el ejercicio de la misma. Ello conduce a una *estructura funcional* y –como podremos ver en el ejemplo de los huesos tubulares largos– a una configuración funcional de los elementos esqueléticos.

La demostración concluyente de la certeza de tal teoría la proporcionó el análisis estructural de una anquilosis de la articulación de la rodilla (fusión ósea del fémur y la tibia). En esta preparación, la arquitectura de la esponjosa, totalmente distinta a la de la imagen normal, corporiza las trayectorias de tensión que se demuestran en un patrón obtenido de la articulación anquilosada de la rodilla en caso de sobrecarga correspondiente en la prueba óptica-tensional. La modificación estructural de la arquitectura de la esponjosa registrada después de la anquilosis se debe a que en caso de aumento de la exigencia mecánica (dentro de un límite fisiológico) en los lugares correspondientes de las trabéculas esponjosas se forma sustancia ósea (*actividad hipertrofiante* del hueso), en caso de disminuir la exigencia mecánica, el tejido óseo, por el contrario, es destruido (*atrofia por inactividad*). La consecuencia de ello es una desordenación de las trabéculas, que sólo se detiene, cuando los respectivos ejes trabeculares quedan dispuestos en la dirección de la fuerza parcial afectada. Estos principios de construcción serían también válidos para la totalidad de la arquitectura esponjosa del esqueleto humano.

En todos los huesos en los que la arquitectura de la esponjosa fue analizada detalladamente (ante todo extremo coxal del fémur, cuerpos vertebrales), la esponjosa representa una *disposición trayectorial.*
Las trabéculas de la esponjosa (el término "trabéculas" no debe ser tomado literalmente; existen tubos, placas, cortezas, etc.), están siempre dispuestas o son transformadas de tal modo que sufren una sobrecarga axial de presión o tracción, pero no experimentan ninguna sobrecarga de flexión.
En estática se denominan *trayectorias* (fig. **7b**) las líneas que en cada lugar de un cuerpo indican las direcciones de compresión máxima o de distensión máxima, las cuales casi siempre coinciden con el trayecto de las tensiones máximas de presión o tracción.

Las trayectorias de las fuerzas de tracción y presión se cruzan en ángulo recto y en los cuerpos homogéneos se demuestran por medio de métodos ópticos.

Mediante experimentación en modelos pudo demostrarse que el trayecto de tensión en cuerpos homogéneos, que fueron reproducidos a semejanza del extremo coxal del fémur o de un cuerpo vertebral, corresponde a la ordenación de las trabéculas de la esponjosa en los huesos mencionados (fig. **7a, b**).
También la *compacta* de los huesos tubulares es funcional, aunque no está construida en trayectorias (fig. **7c, d**). Las tensiones más altas se presentan aquí constantemente en sentido longitudinal. Pueden observarse óptimamente en las líneas longitudinales de los osteones.

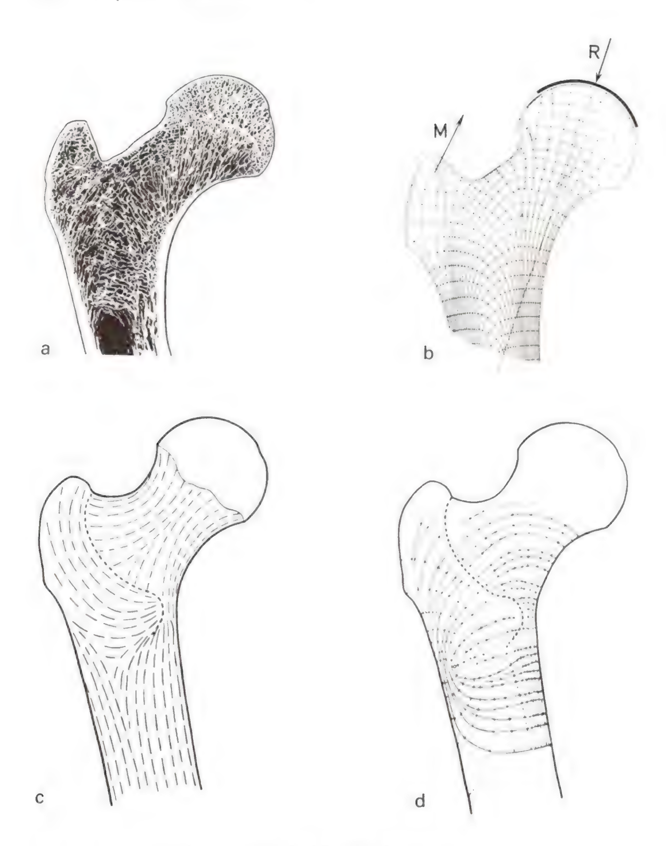


Fig. 7. **Extremo proximal del fémur derecho.**
a Corte en el plano del cuello del fémur
b Curso de las líneas de tensión (placa de resina artificial) que fue cargado de modo análogo al extremo proximal del fémur de la extremidad de apoyo
Líneas de tensión por compresión = línea continua; líneas de tensión por tracción = línea de trazos; R = resultante de peso corporal y fuerzas musculares; M = dirección de la tracción muscular de los abductores de la articulación de la cadera
c Curso de las líneas de fisura en la cara posterior
d Curso de las trayectorias de tensión en la cara posterior. Las líneas de fisura y las trayectorias de tensión no coinciden entre sí en su trayecto en la superficie ósea. (b-d según PAUWELS)

La orientación de los osteones, demostrable con ayuda del método de líneas de fisura, puede interpretarse como estructura de crecimiento. El curso longitudinal de las lineas de osteones coincide con la dirección de las tensiones por tracción que se presentan en el tubo del periostio como consecuencia de la tensión longitudinal

provocada por el crecimiento epifisario. No se ha dado todavía una explicación causal de la dirección longitudinal de los osteones en el hueso laminar, que se presenta en el lugar del hueso fibrilar primariamente formado por el periostio.

Para los *huesos tubulares largos* pudo demostrarse que, junto con la mencionada *estructura funcional*, también poseen una *configuración funcional.* Su forma tosca contribuye por una parte a que la sobrecarga de flexión que se produce se mantenga baja y por otra parte a que las tensiones de flexión sean toleradas lo mejor posible con un mínimo de material. La forma tubular de la diáfisis constituye una forma óptica de la distribución del material para los huesos tubulares largos sometidos a sobrecarga de flexión. Mediante la formación de varillas óseas se ve aumentada la seguridad ante una fractura (línea áspera del fémur).
Del mismo modo, en los huesos tubulares largos la curvatura axial del cuerpo, tanto en el plano sagital como en el frontal, está adaptada al máximo posible a la exigencia mecánica de flexión.

En lo respectivo al fémur, pudo demostrarse, por ejemplo en el hombre y en los mamíferos hasta ahora explorados, que su curvatura axial sagital se asemeja extraordinariamente a la forma axial de una palanca de flexión libre que está sometida a una exigencia estática análoga a la del fémur. Una modificación de la forma axial es posible en la región de la línea epifisaria cartilaginosa. Si ésta es sometida a una exigencia de flexión, busca entonces, mediante un crecimiento desigual del cartílago, situarse en posición perpendicular a la dirección de las resultantes de todas las fuerzas que actúan sobre ella. Por tal motivo se modifica la dirección axial del hueso neoformado: adaptación funcional mediante crecimiento longitudinal. Como ejemplo de ello citemos la transformación de la pierna en 0 fisiológica del lactante en la pierna en X fisiológica del niño de 6 años.

Una disminución decisiva de las fuerzas de flexión en la diáfisis de los huesos tubulares largos se consigue mediante el **principio de la faja de tracción.** A los músculos esqueléticos les corresponde no sólo la misión de mover las partes del esqueleto o de mantenerlos en una determinada posición articular. En estado de contracción actúan simultáneamente como tensores, o *faja de tracción,* oponiéndose a la fuerza de flexión a la que se ve sometido el hueso tubular en caso de sobrecarga excéntrica por el peso corporal y cargas adicionales (p. ej., reducción del esfuerzo del fémur en el período de estación sobre una pierna por medio del tracto iliotibial (figuras **129** y **130**). La contracción de los músculos que actúan como faja de tracción origina con ello un alivio de los huesos y no un mayor esfuerzo. La faja de tracción originada por músculos y ligamentos proporciona en primer lugar la condición previa para la construcción funcional del hueso, ya que origina una exigencia relativamente unitaria a los elementos esqueléticos, independiente de la posición del miembro. Por ello, la cualidad de la carga no se modifica en un determinado hueso en las más diversas posiciones articulares y en los distintos movimientos, y tanto en la carga estática como en la dinámica sólo puede modificarse la cantidad de la carga. Un aumento del tamaño de la carga dentro del límite fisiológico es aguan-

tada por la múltiple seguridad con que ha sido construido el sistema esquelético. Además, las potencias de impulsos que se presentan en la carga dinámica son atenuadas en una parte por los músculos, que a modo de muelles se distienden y frenan el choque.

B. Conexiones de las partes del esqueleto

La unión continua de fragmentos esqueléticos mediante un tejido de relleno se denomina *sínfisis (sinartrosis)*; la discontinua, es decir, la unión que contiene una hendidura, se denomina *diartrosis* (articulación sinovial). Son sinartrosis todas las zonas de crecimiento (p. ej., suturas craneanas), su movilidad es en general insignificante. (Un ejemplo opuesto son, entre otros, las uniones muy móviles de los cuerpos vertebrales). Diartrosis son las zonas móviles del esqueleto. Las articulaciones rígidas, *anfiartrosis*, no permiten, en cambio, ningún movimiento destacable.

1. Sínfisis

Según el tipo del tejido de relleno se distinguen:
Sindesmosis (o sinfibrosis), *junturas fibrosas* (conexiones mediante tejido conjuntivo colágeno o elástico), y
Sincondrosis, o *junturas cartilaginosas* (conexiones mediante tejido cartilaginoso).
Sindesmosis (ligamentosa). Puede estar formada como unión *ligamentosa* (p. ej., lig. estilohioideo, lig. amarillo, membrana interósea) o como sutura ósea (por ej., suturas de los huesos del cráneo, fig. **8**).

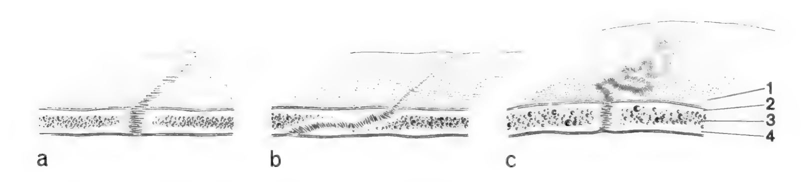


Fig. 8. **Suturas óseas.**
a Sutura plana (ej.: sutura palatina mediana)
b Sutura escamosa (ej.: sutura parietotemporal)
c Sutura dentada (ej.: sutura sagital)

1 Periostio
2 Lámina externa (hoja externa del hueso de la calota craneana)
3 Diploe
4 Lámina interna (hoja interna del hueso de la calota craneana)

En la *sutura plana* los huesos tienen límites adyacentes con bordes de superficie plana. En la sutura dentada, muy frecuente, los bordes dentados de los huesos encajan entre sí, y en la sutura escamosa están cortados en bisel y se superponen en forma de escamas.
La fijación de tejido conjuntivo de las raíces dentarias en el alvéolo óseo es denominado *gonfosis*.

Sincondrosis (cartilaginosa). Ejemplos típicos de una sincondrosis son la unión de la 1.ª costilla ósea mediante cartílago hialino (cartílago costal) con el esternón, y las uniones de los cuerpos vertebrales por medio de los discos intervertebrales de cartílago fibroso. También la unión de la diáfisis y la epífisis ósea de un hueso tubular, por mediación del disco epifisario cartilaginoso constituye una sincondrosis, del mismo modo que la unión cartilaginosa de los dos coxales, la sínfisis púbica (fig. **119**). Después del parto se presenta sin embargo con bastante regularidad una hendidura longitudinal rellenada con líquido sinovial, y entonces se habla de una hemiartrosis.

Cuando en una unión esquelética el tejido de relleno originario es sustituido por tejido óseo, se habla entonces de *sinostosis* (p. ej., osificación de las suturas del cráneo).

2. Articulaciones

La característica más importante de una diartrosis es la separación de los segmentos esqueléticos que están en conexión articular por una hendidura.

En todas las articulaciones del hombre, a excepción de la articulación maxilar, la *hendidura articular* se origina por dehiscencia en una blastema mesenquimático unitario, del cual proceden los esbozos de los elementos esqueléticos y de la cápsula articular (con los ligamentos articulares): *articulaciones de fraccionamiento*. Unicamente en el desarrollo de la articulación maxilar (secundaria) del hombre (y general de los mamíferos) el esbozo de la hendidura articular se forma como bolsa sinovial entre dos partes esqueléticas ampliamente diferenciadas (mandíbula y escamoso o parte escamosa del temporal): *articulación de fijación*.

a) Construcción y constitución anatómica de las articulaciones

En las articulaciones (fig. **9**), la unión de los segmentos esqueléticos tiene lugar mediante la *cápsula articular*, una continuación del tubo periόstico. Las *superficies articulares* son separadas por una hendidura. Se denomina casi siempre *cavidad articular*, aunque una cavidad propiamente dicha sólo existe cuando la hendidura sufre una dilatación, por ejemplo a causa de un exudado líquido o en caso de abertura de la articulación. (Como sinónimo de cavidad articular se utilizan los términos hendidura articular, espacio articular.)

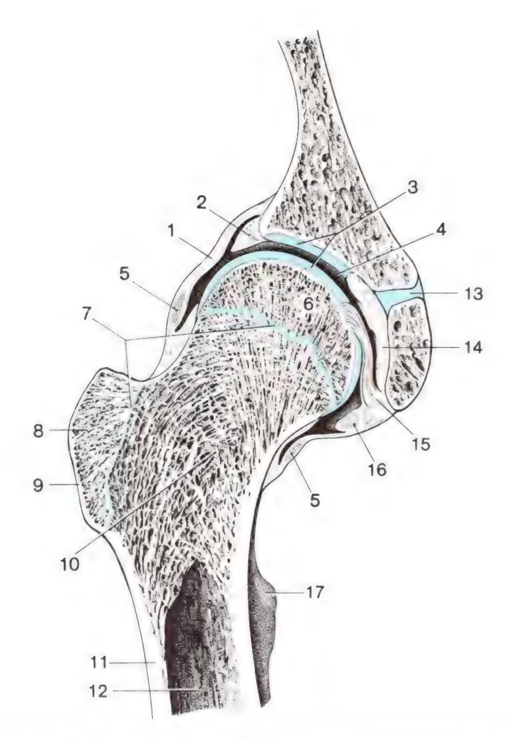


Fig. 9. **Contextura de una articulación**, representada en un corte a través de la articulación de la cadera de un varón de 15 años.

1 Cápsula articular
2 Labio acetabular
3 Caras articulares revestidas de cartílago (carilla semilunar, cabeza del fémur)
4 Cavidad articular (la hendidura articular se ha dibujado ampliada)
5 Ligamento articular (zona orbicular)
6 Epífisis (cabeza del fémur)
7 Cartílago de crecimiento
8 Apófisis (trocánter mayor)
9 Sustancia cortical
10 Sustancia esponjosa (en el cuello del fémur)
11 Sustancia compacta (en la diáfisis del fémur)
12 Cavidad medular
13 Sínfisis cartilaginosa entre el hueso ilíaco y el pubis
14 Depósito de grasa en la fosa acetabular
15 Lig. de la cabeza del fémur (ligamento redondo)
16 Lig. transverso del acetábulo
17 Trocánter menor

La **cavidad articular** contiene una pequeña cantidad de un líquido filamentoso que contiene mucina, el *líquido sinovial*, que es segregado por las células conjuntivales de la membrana sinovial adyacente a la hendidura articular. El líquido sinovial, rico en ácido hialurónico y, por tanto, viscoso, disminuye el frotamiento en las superficies articulares. Desempeña un importante papel en la nutrición del cartílago articular.

Las **caras articulares** poseen (casi siempre) un revestimiento de tejido cartilaginoso hialino. El cartílago articular, sin vasos, tiene un grosor variable

(casi siempre entre 0,2 y 0,5 mm, en la rótula hasta 6 mm) a menudo también de un grosor desigual en las distintas zonas de las mismas caras articulares. Forma una superficie lisa, de modo que el frotamiento es notablemente disminuido. El cartílago articular reparte la tensión articular sobre la esponjosa subyacente, con lo que las caras cartilaginosas sufren una deformación reversible y se adaptan entre sí. Sin embargo, no se produce una acción de muelle, ya que la deformabilidad del cartílago es demasiado pequeña y el grosor de la capa cartilaginosa no es suficiente para atenuar los choques.

El **cartílago articular** permite identificar una modificación estratificada de su estructura en dirección al tejido óseo. La capa superficial de fibras tangenciales está situada hacia el borde en unión continua con el periostio. En ella se encuentran las "fibras tangenciales", el vértice de los arcos de fibras formados por haces de fibrillas colágenas, que están ancladas en ambos extremos en la zona de calcificación limitante con el tejido óseo (fig. **10**). Los haces de fibras adelantan en la amplia zona radial verticalmente hacia arriba hasta la superficie articular y se desvían en la zona de transición en dirección paralela superficial de las fibras tangenciales. En el ejemplo de la cavidad glenoidea se demostró que las fibras tangenciales están dirigidas de tal manera que se oponen a una distensión superficial del cartílago.

Como *estímulo de conservación del cartílago articular* actúan modificaciones morfológicas intermitentes de las células cartilaginosas, tal como se presentan en la exigencia fisiológica de una articulación. En las articulaciones situadas en reposo durante largo tiempo se atrofia el cartílago. En caso de que la tensión se distribuya de manera no fisiológica (p. ej., posición de las piernas en X u O de la articulación de la rodilla) se produce un desgaste intenso en las áreas cartilaginosas más sobrecargadas y las consiguientes alteraciones patológicas. Como quiera que el cartílago articular únicamente es alimentado por difusión (ante todo a partir del

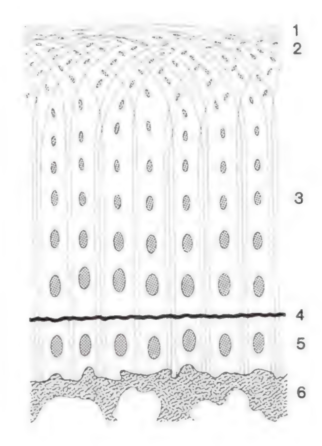


Fig. 10. **Disposición de las fibras colágenas en el cartílago articular** (únicamente se representan líneas aisladas de fibrillas).
1 Capa de fibras tangenciales (cartílago hialino no calcificado)
2 Zona de transición (cartílago hialino no calcificado)
3 Zona radial (cartílago hialino no calcificado)
4 Zonas limitantes (cartílago hialino calcificado)
5 Zona de calcificación (cartílago hialino calcificado)
6 Tejido óseo (cartílago hialino calcificado)

líquido sinovial), no son raras las alteraciones degenerativas (artrosis), especialmente en los individuos de edad avanzada. La capacidad de regeneración del cartílago articular es muy escasa (falta de pericondrio).

La *cápsula articular* (fig. **9**) encierra de forma hermética la cavidad articular. Se distingue una capa fibrosa externa, la *membrana fibrosa*, y una *membrana articular interna,* la *membrana sinovial,* que limita la hendidura articular. A la cápsula articular van numerosas fibras nerviosas, que son demostrables incluso en las capas más profundas de la membrana sinovial. Las lesiones de la cápsula articular son extremadamente dolorosas. En la cápsula y sus proximidades se encuentran pequeños corpúsculos laminares, los corpúsculos de Golgi-Mazzoni, que nos informan de la posición articular.

La *membrana fibrosa* consta predominantemente de haces de fibrillas colágenas, cuya dirección varía en las distintas posiciones de las fibras. En caso de reposo prolongado de una articulación, se acortan las fibras conjuntivales, se atrofia la cápsula articular (contractura articular) y la movilidad de la articulación se ve limitada.

Fascículos engrosados, de la capa externa, de situación superficial y con la misma dirección de trayecto que las fibrillas pueden individualizarse en las preparaciones anatómicas como *ligamentos articulares* (fig. **9**) que refuerzan la pared de la cápsula.

La *membrana articular interna* o *membrana sinovial* es más rica en células y más pobre en fibras que la capa externa. Contiene células grasas en distinta medida y limita en la cavidad articular con células conjuntivales que, en determinados lugares, forman un conjunto de células de aspecto epitelial poliestratificado. La cara interna de la membrana sinovial es aumentada por pliegues sinoviales muy vascularizados, y por vellosidades sinoviales (sólo visibles microscópicamente) que a menudo son ramificadas y pueden contener capilares. La membrana sinovial no sólo secreta sinovia, sino que dispone simultáneamente de una notable capacidad de resorción.

En caso de hiperproducción sinovial (p. ej., como consecuencia de una irritación crónica de la membrana sinovial) se origina un exudado articular. En lugares débiles puede abombarse la membrana interna, de manera que se origina un *quiste sinovial.*

En algunas articulaciones se encuentran **discos intermedios**. En calidad de discos articulares separan el espacio articular totalmente, como meniscos articulares sólo parcialmente en dos cavidades. Las partes superficiales de los discos intermedios se asemejan en su histología al cartílago fibroso, las partes centrales constan de un tejido tendinoso. Discos y meniscos forman caras articulares móviles (articulación maxilar, articulación de la rodilla), aumentan la superficie de contacto de las caras articulares y facilitan una mejor distribución de la presión articular. En la articulación del

hombro y de la cadera el acetábulo articular revestido de cartílago está enmarcado y engrosado por un anillo de tejido conjuntivo, el *rodete articular* (fig. **9**). Los labios del acetábulo, al igual que los discos intermedios, están exentos de nervios y (casi) de vasos.

Cohesión de las caras articulares. Todas las articulaciones del hombre son de fuerza concluyente. Sin la acción de fuerzas externas los extremos articulares se alejarían unos de otros. El contacto articular se produce a causa de que la resultante de la tracción muscular y del peso del segmento corporal o de la extremidad que debe sostener o mover comprime constantemente las caras articulares entre sí. La cohesión de las articulaciones es asegurada, pues, por *fuerzas musculares.*

La presión atmosférica, a la que frecuentemente se le atribuye un notable papel en la cohesión articular, podría ser eficaz si en el interior de la articulación existiera una hipopresión. Sin embargo, una hipopresión de tal tipo sólo se produce en el caso de que fuerzas externas (p. ej., el peso de la pierna colgando libremente hacia abajo o una enorme tracción en uno de los huesos articulantes) intenten alejar los extremos articulares entre sí sin que lo impida la tensión de la musculatura. Pero en condiciones normales éste no es el caso en el ser vivo. (Además, una hipopresión de larga duración en la cavidad articular originaría un derrame articular que anularía la acción de la presión atmosférica sobre el contacto articular). Otros mecanismos, como adhesión, laxitud ligamentosa o distensión de las cubiertas externas (p. ej., de la piel o de las fascias) carecen de importancia para la cohesión de las caras articulares.

b) Formas de las articulaciones

Las articulaciones pueden dividirse atendiendo a distintos principios. Según el número de los elementos esqueléticos articulantes en una cavidad articular se distingue entre articulaciones *simples* y *compuestas*. Según la configuración de las caras articulares las articulaciones se pueden dividir en *esféricas, ovales, en silla de montar* y *en charnela.*

En la **articulación esferoidea** (fig. **11a**) se articula una cabeza articular más o menos esférica (superficie articular de forma convexa) con una **cavidad** articular de forma correspondientemente cóncava (p. ej., la articulación del hombro). El punto medio de la esfera es el punto de giro de la articulación, a través del cual pueden trazarse un gran número de ejes. Sin embargo, todos los movimientos de un segmento esquelético en una articulación esferoidea pueden imaginarse compuestos de movimientos alrededor de *tres ejes* perpendiculares entre sí, con lo cual un eje debe coincidir con el eje longitudinal del elemento esquelético. Si estos tres ejes de un cruce axial tridimensional se denominan *ejes principales*, entonces la articulación esferoidea está caracterizada porque facilita movimientos en torno a tres ejes principales. Este hecho es expresado casi siempre con la comprobación de que la articulación esferoidea posee tres grados de libertad. Por *grado de libertad* se entiende la posibilidad de movimiento alrededor de un eje principal.

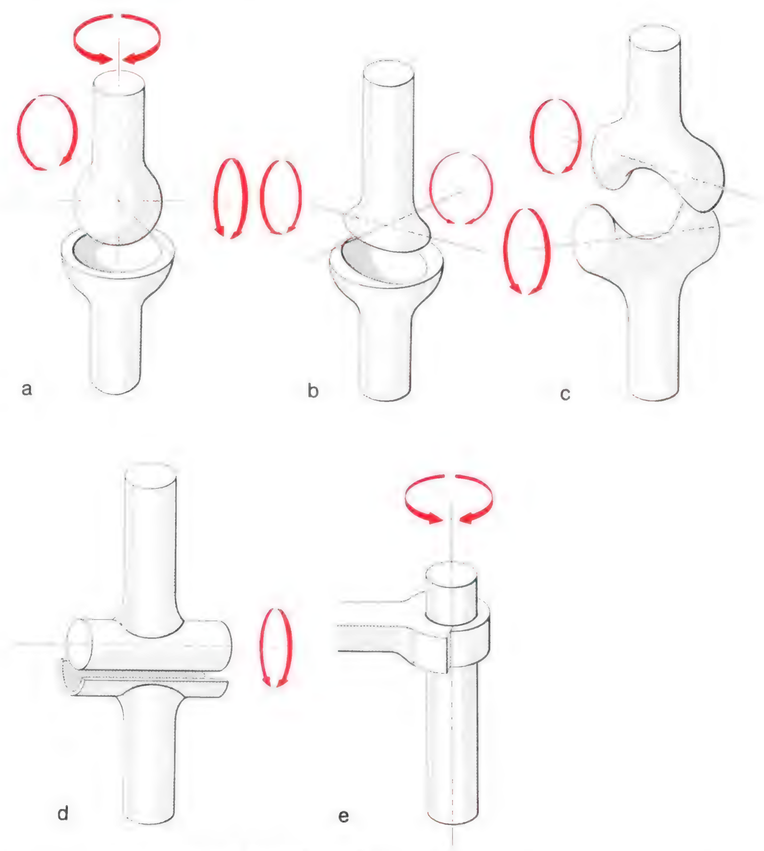


Fig. 11. **Formas de las articulaciones.**
Las flechas indican la dirección en que pueden ser movidos los elementos esqueléticos en torno al eje correspondiente.
a Articulación en artrosis
b Articulación condílea
c Articulación en silla de montar o de encaje recíproco
d Articulación tróclea
e Articulación trocus

Si la cavidad articular sobrepasa la cabeza articular más allá del ecuador de la esfera, entonces esta forma de articulación esferoidea se denomina también enartrodial (p. ej., articulación de la cadera).

La **articulación elipsoidea** (fig. **11b**) y la **articulación en silla de montar** (fig. **11c**) son –en el sentido anteriormente citado– articulaciones *biaxiales*. En la articulación elipsoidea la cabeza articular está curvada convexamente en dos planos perpendiculares entre sí, la cavidad articular en los

planos correspondientes es de forma cóncava (p. ej., articulación proximal de la mano). En la articulación en silla de montar las caras articulares de la cabeza y la cavidad respectivamente son siempre convexas en un plano y en un segundo plano perpendicular a éste son de forma cóncava (p. ej. articulación carpometacarpiana del pulgar).

En la **articulación troclear** (fig. **11d**) únicamente son posibles movimientos en torno a un eje. Los desplazamientos en el sentido del eje de rotación son impedidos por ligamentos colaterales. La articulación cubitohumeral que puede exponerse como ejemplo de una articulación troclear posee una corteza conductora en forma de espiral. Sin embargo, el ángulo de inclinación de la espiral es tan reducido, que las desviaciones resultantes del mismo son insignificantes, por lo que es innecesario diferenciar una articulación en espiral. Cuando en una articulación monoaxial, es decir en una articulación troclear, el movimiento tiene lugar en torno al eje longitudinal del segmento esquelético, se habla entonces de articulación trocoidea (fig. **11e**) (p. ej., articulación atlantoaxial media).

c) Mecánica general de la articulación

Direcciones del movimiento. La dirección de los movimientos articulares no depende solamente de la forma de las superficies articulares, sino que está condicionada de un modo esencial por la disposición de los músculos y de las estructuras ligamentosas. Las articulaciones en una máquina son de cierre superficial y poseen ejes fijos. Contrariamente, las articulaciones en el ser vivo son de superficie concluyente, es decir, el sentido y modalidad de un movimiento vienen determinados ante todo por la resultante de las fuerzas que actúan sobre el respectivo hueso. Las caras articulares son casi siempre más o menos incongruentes, su forma se desvía a menudo notablemente de la configuración superficial ideal del cuerpo de rotación. Por tal motivo, los ejes del movimiento —en un sentido estricto— no están fijados de un modo exacto. Y por ello todos los datos referentes al trayecto de ejes o a la situación de puntos de giro en las articulaciones del ser vivo, sólo pueden describir las relaciones reales de una manera esquematizada.

Los movimientos en torno al eje longitudinal de un hueso se denominan *rotación interna* o *externa*, o *pronación* o *supinación* respectivamente. Partiendo de la posición fundamental, una *abducción* aleja el segmento esquelético del plano medio del cuerpo y una *aducción* lo aproxima a él. En la *flexión* los ejes longitudinales de ambos segmentos esqueléticos articulantes se unen perpendicularmente al plano de abducción. Un movimiento opuesto se denomina *extensión*. La abducción y aducción tienen lugar en torno a un eje situado en un plano sagital; la flexión y la extensión tienen lugar en torno a un eje principal situado en un plano frontal, siempre y cuando los segmentos de las extremidades articulantes no estén en rotación interna o externa. Una *circunducción* es un movimiento en círculo que resulta de la combinación de movimientos en

torno a los ejes principales (p. ej., circunducción del brazo, de la pierna). El miembro que se mueve describe con ello un movimiento como la superficie de un cono y el punto distal del miembro, un círculo. Los movimientos en torno a un eje principal pueden describirse como principales, pero la circunducción no es ningún movimiento principal.

Limitación articular. La limitación de un movimiento articular, es decir, de la amplitud de un movimiento, puede ser debida a distintas causas. Si en una determinada posición articular chocan dos huesos entre sí de manera que es imposible continuar el movimiento, se habla de *limitación ósea.* Esta es rara pero puede presentarse, por ejemplo, en caso de extensión extrema de la articulación del codo por golpear el olécranon en la fosa olecraniana. Una *limitación ligamentosa* tiene lugar cuando en un movimiento una banda ligamentosa es tensada de tal modo que interrumpe forzosamente el movimiento (p. ej., la tensión del lig. iliofemoral en la extensión de la articulación de la cadera). La flexión (pasiva) de la pierna en la articulación de la rodilla es limitada cuando la pantorrilla y la cara posterior del muslo se tocan: *limitación por partes blandas.* Cuando se ha alcanzado el límite de distensión de un músculo en una determinada posición articular, entonces es imposible la continuación del movimiento: *limitación muscular* (fig. **17**).

La posición articular en la que un movimiento determinado se ve limitado es distinta de un individuo a otro y puede ser modificada en el transcurso de la vida de un individuo. El niño tiene articulaciones de mayor amplitud de movimientos que el adulto. En los individuos obesos la limitación por partes blandas al inclinar el tronco hacia adelante se presenta antes que en el individuo delgado. En el "body building" la amplitud de movimiento en determinadas articulaciones (p. ej., la articulación del codo) es limitada por partes blandas. En los individuos entrenados deportivamente la limitación muscular es menor que en los no entrenados. En ciertos artistas, los llamados hombres de goma, que desde una fase precoz de su infancia ejercitan movimientos extremos, la limitación ligamentosa está muy reducida. Las cicatrices cutáneas pueden producir una limitación patológica del movimiento.

C. Generalidades de los músculos

1. Elementos y principios anatómicos del músculo esquelético

En el músculo esquelético (fig. **12a**) se distingue el *vientre muscular*, de conformación diversa, cuyas partes estructurales pueden acortarse o distenderse, y los *tendones*, casi siempre más estrechos, que se unen al esqueleto o a estructuras conjuntivales del aparato locomotor (fascias, membranas interóseas) y transmiten directa o indirectamente la tracción muscular

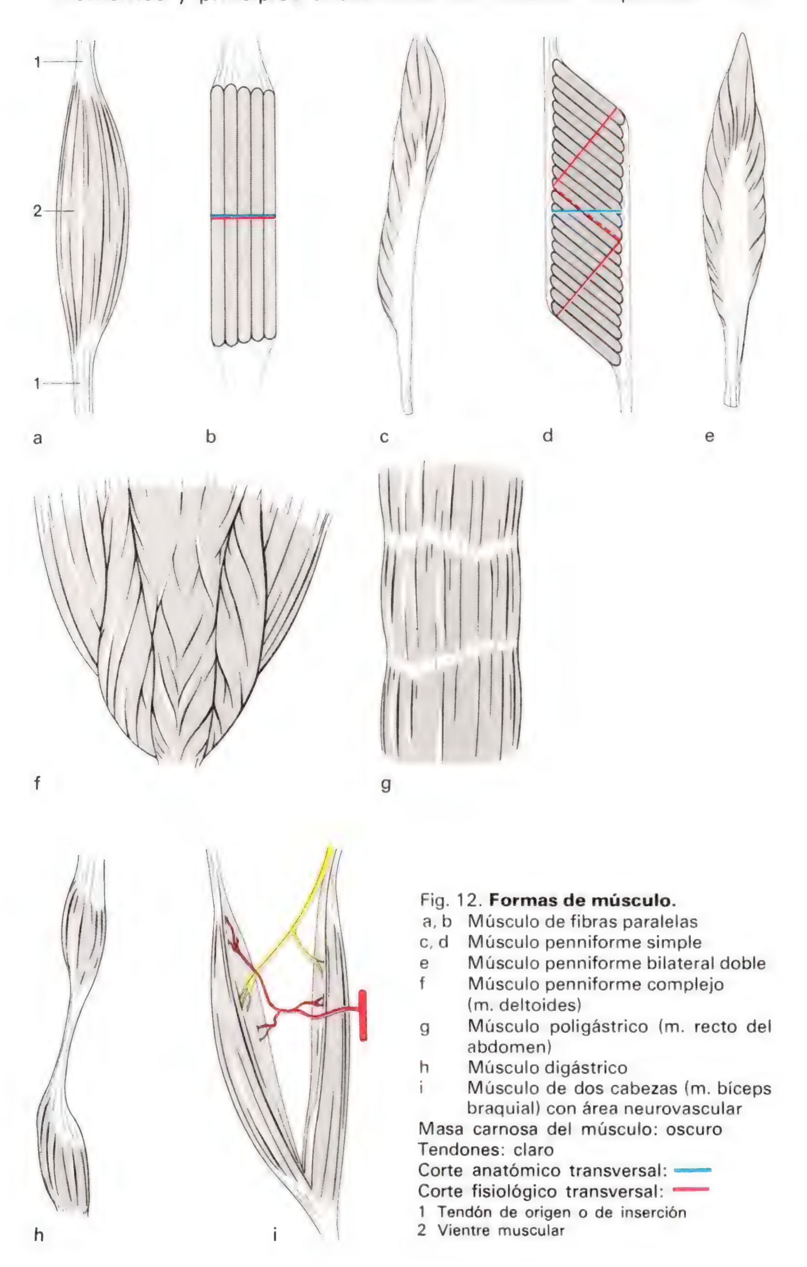


Fig. 12. **Formas de músculo.**

- a, b Músculo de fibras paralelas
- c, d Músculo penniforme simple
- e Músculo penniforme bilateral doble
- f Músculo penniforme complejo (m. deltoides)
- g Músculo poligástrico (m. recto del abdomen)
- h Músculo digástrico
- i Músculo de dos cabezas (m. bíceps braquial) con área neurovascular

Masa carnosa del músculo: oscuro
Tendones: claro
Corte anatómico transversal: azul
Corte fisiológico transversal: rojo

1 Tendón de origen o de inserción
2 Vientre muscular

a las partes del esqueleto. En general (en las extremidades) el lugar de fijación proximal (en el tronco) o hacia la porción cefálica, se denomina *origen* del músculo, y la fijación opuesta se denomina *inserción.*

Origen e inserción son términos fijados sólo convencionalmente. No deben ser considerados como el punto fijo y punto móvil, ya que —según las circunstancias existentes— la inserción puede ser movida hacia el origen o viceversa, o también ambas zonas de fijación del músculo pueden ser movilizadas antagónicamente.

En los músculos con origen múltiple la porción de origen se denomina *cabeza* y se habla de músculos *de dos o más cabezas* (m. bíceps braquial (fig. **12i**), m. cuadríceps femoral). Si el origen es único, pero en cambio el vientre muscular está dividido por tendones intermedios, se habla entonces de músculos *de dos o más vientres* (m. digástrico (fig. **12h**), m. omohioideo, m. recto del abdomen (fig. **12g**).
El **vientre muscular** consta de fibras musculares estriadas agrupadas por estructuras de tejido conjuntivo *(endomisio, perimisio)* en fascículos de orden progresivamente superior, de tal modo que forman una unidad cuyas partes son desplazables entre sí (tomo 3: Histología; tejido muscular esquelético).

Las fibras musculares estriadas (∅ 10-100 μm, longitud hasta 10 cm) constituyen las *unidades estructurales* del músculo esquelético. En el citoplasma *(sarcoplasma)* contienen como elementos contráctiles las miofibrillas (∅ 0,5-1 μm) que determinan el fenómeno de la estriación horizontal. Las miofibrillas constan de unidades más pequeñas, los *miofilamentos* (filamentos de actina y miosina). Los núcleos de las fibras musculares (20-40 mm longitud) se hallan en situación marginal. (Según exploraciones más recientes, la fibra muscular de estriación horizontal es un sincitio que se origina de la fusión de mioblastos). El sarcoplasma está envuelto por un tubo de *sarcolema,* que consta de plasmalema, membrana basal glucoproteica y redes de fibras de reticulina.
Un tejido conjuntivo fino, formado predominantemente por fibras de reticulina (rico en capilares sanguíneos de trayecto longitudinal; fibras nerviosas) envuelve en calidad de *endomisio* a cada fibra muscular (fig. **13**). Reúne varias fibras en un *haz primario* que está rodeado por el *perimisio interno.* El haz primario es la unidad funcional del músculo esquelético. El perimisio interno constituye la capa de desplazamiento del haz primario. Varios haces primarios son rodeados por una envoltura de tejido conjuntivo más fuerte, el *perimisio externo* (conductora de vasos y nervios) y constituyen los *haces secundarios* visibles macroscópicamente. La delimitación y unión con la aponeurosis corre a cargo del *epimisio.*

Este entramado conjuntival que delimita los elementos contráctiles, conduce a las fibras musculares los nervios y vasos que en una localización circunscrita, el *área nervovascular*, penetran en los músculos (fig. **12i**). Alberga también los aparatos nerviosos del sensorio muscular, los husos musculares.
Aponeurosis (fascia). La superficie muscular está rodeada por una envoltura dura de tejido conjuntivo (fig. **13**) que aísla el músculo con respecto a sus vecinos y simultáneamente lo une a ellos de forma laxa, y que con frecuencia sirve también como superficie de origen. Varios músculos pueden

estar rodeados por una aponeurosis común que está en conexión con las fascias musculares y que además está adherida al hueso. Así se originan celdas musculares, osteofibrosas en las que los diversos músculos aislados

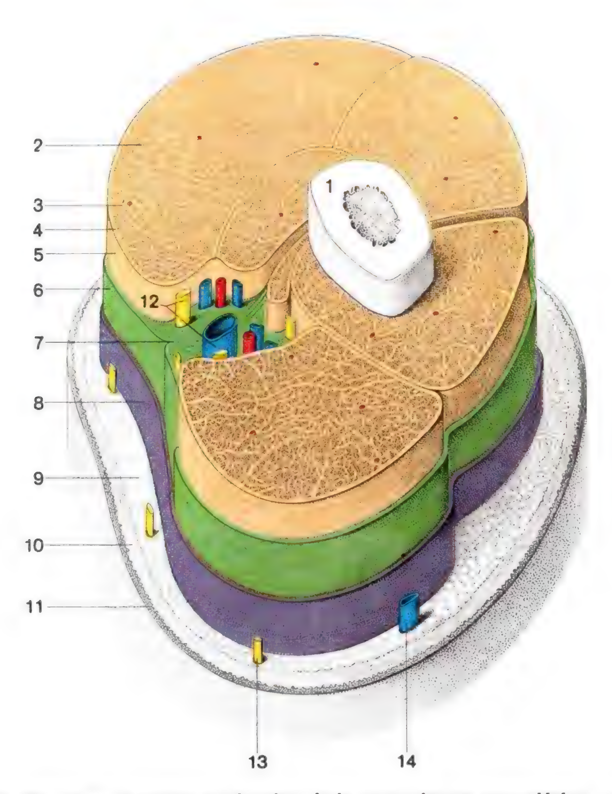


Fig. 13. **Sistemas de tejido conjuntivo de la musculatura esquelética**, representados en un corte transversal del tercio medio del brazo izquierdo (→ fig. 89). (Las fibras musculares y las estructuras de tejido conjuntivo dentro de los músculos no están a escala.)

1 Hueso del brazo
2 Fibras musculares, rodeadas por el endomisio, reunidas en haces primarios por el perimisio interno
3 Perimisio externo, que conduce nervios y vasos
4 Epimisio
5 Aponeurosis muscular
6 Aponeurosis de grupo unida al hueso por un tabique intermuscular (7), de forma que da lugar a un compartimiento osteofibroso
8 Aponeurosis superficial
9 Tejido celular subcutáneo
10, 11 Piel
10 Dermis
11 Epidermis
12 Vasos y nervios profundos
13 Nervio cutáneo
14 Vena cutánea

o sus partes pueden desplazarse recíprocamente y ser conducidos conjuntamente. Algunos músculos se adhieren también a regiones tendinosas de la fascia del grupo.

El incremento de la actividad muscular produce la *hipertrofia* de la musculatura esquelética; las fibras musculares se hacen más gruesas (la cantidad de las mismas permanece constante). La disminución de la actividad muscular (posición de reposo, parálisis muscular) origina una *atrofia* por inactividad.

La capacidad de regeneración de la musculatura esquelética es escasa en el hombre. En el lugar del tejido muscular destruido se presenta una cicatriz de tejido conjuntivo.

El **tendón** consta de haces de fibras colágenas resistentes a la tracción, que en los tendones cortos están dispuestos paralelamente y en los largos están enrollados en espiral. Su vascularización es pobre.

Las fibras tendinosas no están en conexión continuada con las fibras musculares esqueléticas. La superficie de contacto entre los extremos de la fibra muscular y el tendón está aumentada debido a unas depresiones tubuliformes que se hunden en las fibras musculares, y, simultáneamente. a unas prolongaciones digitiformes de las fibras musculares que penetran en la porción inicial del tendón (tomo 3: Histología; origen e inserción de los tendones). Las fibras tendinosas (= haces de fibras colágenas) están fijadas a la membrana basal, en la base de las invaginaciones del sarcolema, mientras que los filamentos de actina de dentro se adhieren al plasmalema. Del tubo de sarcolema salen fibrillas colágenas hacia las fibras tendinosas.

La **unión músculo-tendón** no tiene lugar en un plano, sino de manera escalonada. El tendón yace superpuesto a la superficie del vientre muscular como hoja tendinosa más o menos ancha, o se desliza entre los haces musculares. Las fibras tendinosas nunca continúan la dirección de las fibras musculares —tampoco en los músculos de fibras paralelas—. Más bien los haces de fibras musculares forman con el tendón un ángulo agudo de tamaño variable, *ángulo de estriación.* En la contracción de las fibras musculares se modifica el ángulo de estriación. Se hace mayor. Merced a ello, se gana espacio para el aumento de espesor de las fibras musculares en contracción, sin que las fibras tendinosas sean separadas entre sí. Mediante fibras elásticas los haces de fibras tendinosas del músculo en reposo son algo comprimidos y ligeramente ondulados en sentido longitudinal. Esta ondulación en el comienzo de la contracción es inicialmente equilibrada, antes de que la tracción muscular actúe sobre el hueso. De esta manera el movimiento discurre de modo más blando y fluido. Las fibras tendinosas, al igual que las fibras musculares, son agrupadas por envolturas de tejido conjuntivo (peritendinoso) en haces de orden gradualmente superior. Esta envoltura constituye un sistema capsular de tejido conjuntivo que une entre sí los haces fibrosos. Contiene en el límite músculo-tendón receptores de tracción, los corpúsculos tendinosos. Los tendones de superficie amplia se denominan *aponeurosis.*

La fijación de un músculo es siempre tendinosa, pero en ocasiones el "tendón" puede ser tan corto que no es identificable macroscópicamente. Se habla entonces de un origen o inserción "carnosa" de un músculo. Según el diámetro del corte transversal de los tendones y el lugar de adherencia, la unión del tendón con el hueso está desarrollada de forma diversa. Los tendones de superficie amplia, de origen o inserción, penetran en el periostio y están unidas al hueso por medio de éste (fibras de Sharpey). Los tendones con corte transversal de menor diámetro, que se adhieren a rugosidades o eminencias óseas, están fijadas inmediatamente al hueso. El periostio muestra depresiones correspondientes en las localizaciones de inserción del tendón. En las apófisis musculares las fibras tendinosas que penetran en los huesos están rodeadas por tejido cartilaginoso cuya capa profunda está calcificada y en la parte profunda está ensamblada con el hueso. La almohadilla cartilaginosa evita que el segmento emparedado de las fibras tendinosas se doble de forma aguda contra el segmento libre del tendón en la superficie ósea y que el tendón sea lesionado. En el mismo sentido actúan el doblamiento y dispersión de las fibras tendinosas poco antes de la adhesión al periostio y al hueso.

Los fascículos fibrosos situados en el borde de muchos tendones están desviados en el sentido del eje del hueso, mientras que por el contrario los fascículos centrales inciden en el hueso formando un ángulo hasta un máximo de 90°. Se considera que en cada fase del movimiento únicamente están tensas aquellas fibras de los departamentos tendinosos que discurren en la dirección de tracción del segmento tendinoso libre. Según esta idea la tensión de las fibras que, sometidas a un "ángulo nocivo" (es decir, más o menos agudamente dobladas), pasan a la porción protegida del tendón, no se desperdiciaría. Más bien, en la red construida por fascículos primarios del estuche tendinoso es transmitida a los fascículos fibrosos con una dirección de sentido más favorable. La modificación del tendón en el estuche tendinoso facilita con ello el total aprovechamiento de la fuerza muscular actuante en el sentido de tracción del tendón, aunque sólo es tensada una determinada porción del fascículo de fibras tendinosas.

La fijación de la parte emparedada del tendón en el hueso es muy firme. Si en este lugar el tendón se desgarra, casi siempre se desgarra conjuntamente un pequeño fragmento de hueso (fractura por desgarramiento).

2. Mecánica muscular general

Según el tamaño del ángulo de estriación se distinguen músculos de fibras paralelas y músculos penniformes (fig. **12a-f**). En el **músculo de fibras paralelas** el ángulo de estriación es pequeño, en el **músculo penniforme** la fijación oblicua de las fibras musculares en el tendón es difícil de identificar macroscópicamente. Cuanto mayor es el ángulo de estriación de un músculo, tantas más fibras musculares pueden adherirse en la misma longitud del tendón. El músculo penniforme puede ser simple, bilateral (m. recto femoral) o complejo (m. deltoides) según penetren en el tendón las

fibras musculares de uno o de dos lados, o que varias hojas tendinosas se deslicen entre los haces musculares.

En el músculo de fibras paralelas, con su mínimo ángulo de estriación, la potencia del tendón (un concepto que fue elegido no muy felizmente, pero usual en la fisiología del trabajo, que caracteriza la porción activa de la potencia muscular en la dirección de tracción del tendón) y la *potencia muscular* son aproximadamente iguales. En el músculo penniforme la fuerza del tendón en comparación con la fuerza muscular es tanto menor cuanto mayor es el ángulo de estriación. La potencia (absoluta) muscular de un músculo depende del diámetro del corte transversal de todas las fibras musculares.

La superficie total del corte transversal de todas las fibras musculares es designada como **corte transversal fisiológico** del músculo (fig. **12b, d**). Discurre perpendicularmente al eje longitudinal de cada fibra muscular. (El *corte transversal anatómico* está por el contrario en el centro del músculo, formando ángulo recto con el eje longitudinal. Unicamente en el músculo de fibras paralelas coincide con el corte transversal fisiológico). El *nivel de elevación* de un músculo viene determinado por la longitud de las fibras musculares y por su ángulo de estriación. Las fibras musculares distendidas pueden contraerse como máximo un 30-50 % de su longitud

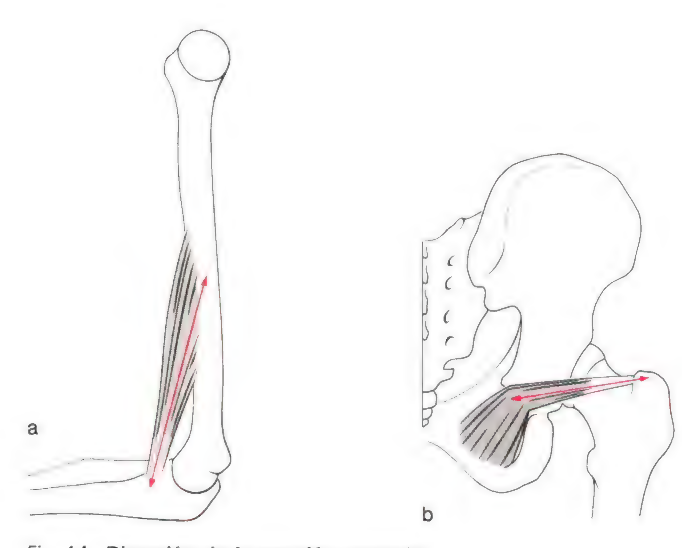


Fig. 14. **Dirección de la tracción muscular.**
a La dirección de la tracción muscular corresponde a la línea principal (ej.: m.braquial anterior)
b La dirección de la tracción muscular corresponde al tramo final activo del tendón, situado entre el punto de reflexión y el origen muscular (ej.: m.obturador interno)

inicial. En el músculo de fibras paralelas el nivel de elevación corresponde aproximadamente a la posibilidad de contracción del músculo distendido.

Mediante la elevación del brazo para preparar un lanzamiento, las fibras musculares que realizan el movimiento de lanzamiento son distendidas correspondientemente y en determinadas circunstancias hasta el máximo. En la contracción puede, pues, actuar la total capacidad de acortamiento de los músculos afectados, es decir, su nivel máximo de elevación.

La **dirección de la tracción muscular** viene dada por el *tramo final activo* del tendón. Si el vientre muscular, el tendón de origen y el de inserción están situados en línea recta, la dirección de tracción del músculo corresponde a la dirección de una recta que une el centro del origen muscular con el centro de la inserción muscular, *línea principal* (fig. **14a**). Pero si el tendón se desliza alrededor de un punto de apoyo, entonces para la dirección de la tracción muscular únicamente es decisiva la dirección del trayecto existente entre el punto de apoyo y la inserción (fig. **14b**).

El *momento de giro* de un músculo es el producto de la potencia del tendón y el brazo de palanca virtual. El brazo de palanca virtual es igual a la distancia perpendicular de la línea principal (o de las líneas trazadas a través del tramo final activo del tendón) del eje de giro o del punto de giro de la articulación. Se modifica con los cambios de posición de la articulación y alcanza el máximo en aquella posición en la que el tendón de inserción (en caso de origen del músculo próximo a la articulación, el tendón de origen) incide en ángulo recto sobre el hueso. La potencia muscular disminuye con el progresivo acortamiento.

3. Dispositivos auxiliares de los músculos

Los músculos y los tendones son extraordinariamente sensibles al frotamiento y a la presión circunscrita. Están protegidos de tales lesiones mecánicas por la bolsa sinovial, y los tendones también por medio de vainas tendinosas y huesos sesamoideos.
Las **bolsas sinoviales** son espacios en forma de hendidura rodeados por tejido conjuntivo de tamaño variable, que en caso de situación próxima a la articulación pueden comunicar con la cavidad articular (fig. **84**). Su cápsula de tejido conjuntivo es comparable a la cápsula articular, su luz contiene una pequeña cantidad de líquido sinovial que es segregado por la pared interna de una membrana sinovial. Las bolsas sinoviales se encuentran entre eminencias óseas y piel, músculos, tendones o fascias. Disminuyen el frotamiento y protegen las estructuras mencionadas frente a la presión circunscrita. Actúan como cojines de agua para repartir la presión. En la inserción de numerosos tendones las bolsas sinoviales se deslizan entre el tramo de tendón cercano al hueso y el hueso propiamente dicho. Rellenan por una parte el espacio que queda libre por la modificación del ángulo de inserción del tendón, y por otra parte evitan que las fibras del tendón se doblen en ángulo agudo en la transición de la porción alojada en el hueso a la porción libre.

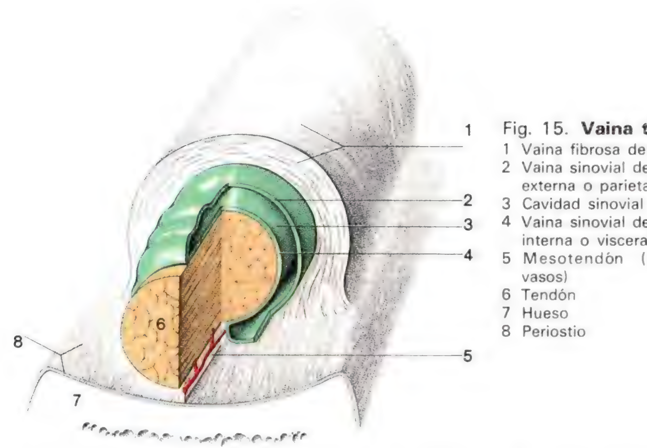


Fig. 15. **Vaina tendinosa.**
1 Vaina fibrosa del tendón
2 Vaina sinovial del tendón, hoja externa o parietal
3 Cavidad sinovial
4 Vaina sinovial del tendón, hoja interna o visceral
5 Mesotendón (portador de vasos)
6 Tendón
7 Hueso
8 Periostio

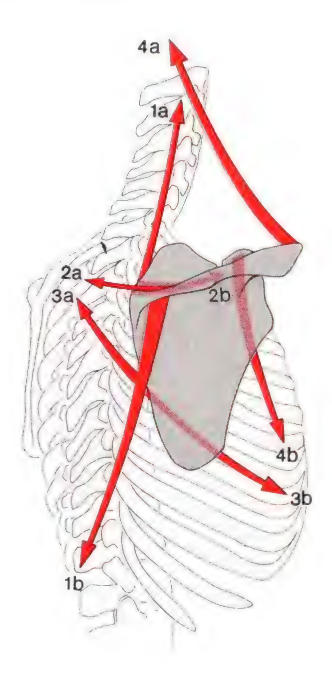
Vainas tendinosas, *vainas sinoviales del tendón* (fig. **15**) son tubos de tejido conjuntivo de pared doble que envuelven y conducen al tendón en una distancia más o menos larga. Evitan el frotamiento con estructuras óseas o ligamentosas. La hoja interna, que está situada inmediatamente encima del tendón, y la hoja externa, que casi siempre es reforzada por tejido conjuntivo rígido, la *vaina fibrosa del tendón,* están separadas por una hendidura de deslizamiento que contiene líquido sinovial. Las dos hojas de la vaina tendinosa en el extremo proximal y distal se entrecruzan y pueden estar en conexión mutua por medio de un *mesotendón* que a modo de mesenterio del tendón conduce vasos sanguíneos y nervios. En la región carpiana y tarsiana, en la cara palmar de los dedos de la mano y la plantar de los dedos del pie las vainas tendinosas están fijadas a los huesos. Su pared externa está reforzada por potentes ligamentos, las *vainas fibrosas del tendón,* de manera que los tendones transcurren en canales osteofibrosos que establecen su trayecto de un modo fijo y evitan que se levanten del hueso.

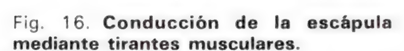
Las vainas tendinosas y las bolsas sinoviales pueden ser objeto de inflamación (p. ej., en caso de irritación crónica o después de una herida abierta infectada). La tenosinovitis se presenta con relativa frecuencia en las mecanógrafas en los tendones extensores en la zona de la articulación proximal de la mano, y la bursitis en individuos que trabajan de rodillas en la bolsa sinovial delante de la bolsa prerrotuliana o delante de la tuberosidad de la tibia (bolsa de la tuberosidad de la tibia).

Huesos sesamoideos. En los tendones que acompañan inmediatamente al hueso y no poseen vainas tendinosas, existen células cartilaginosas en la parte cercana al hueso. También pueden presentarse en los tendones o cápsulas articulares huesos pequeños (mano, pie) o mayores (rótula), *huesos sesamoideos* (fig. **99** y **125c**). Algunos huesos sesamoideos tienen una estructura constante, otros en cambio son muy variables.

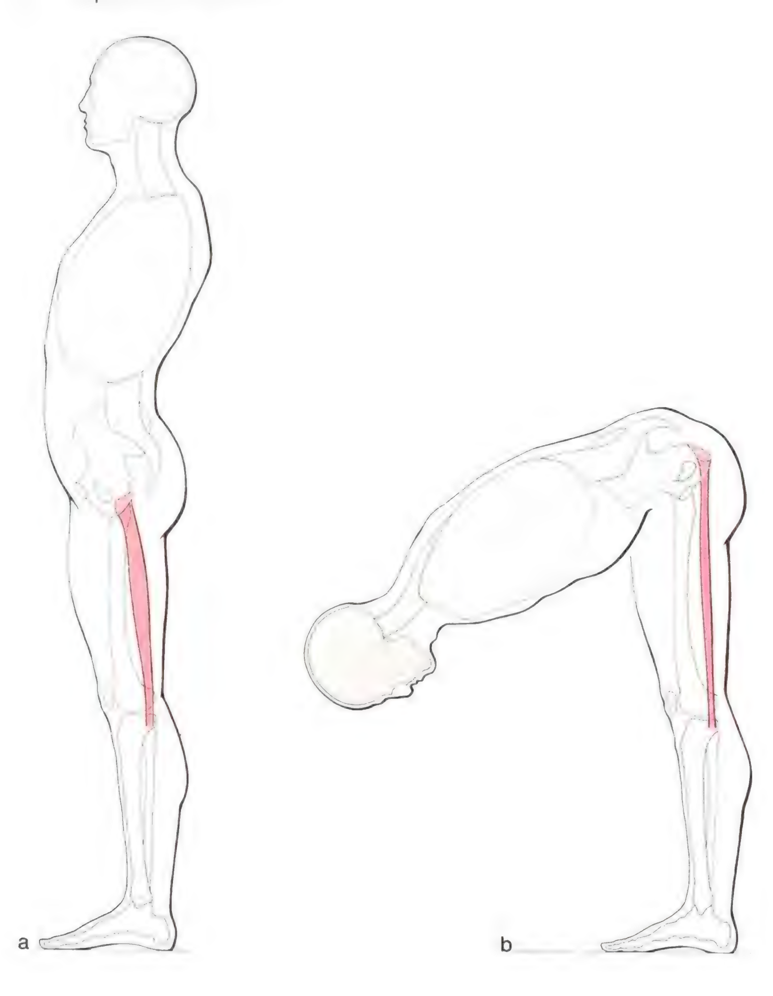
4. Músculos en reposo y en movimiento

Todos los músculos poseen, incluso en reposo, una cierta tensión, un *tono*. Este es individualmente distinto, puede modificarse en un mismo individuo y es también de intensidad variable en los distintos músculos. El tono de los músculos, que es regulado por el sistema nervioso, determina la posición del cuerpo (posición rígida o fláccida). Algunos músculos tienen ante todo la misión de asegurar una determinada posición de la parte corporal correspondiente, *músculos de apoyo* (p. ej., m. sóleo, músculos cortos del pie). Su actividad consiste predominantemente en una modificación del estado de tensión adecuada a las circunstancias y menos en un acortamiento. En la realización de un movimiento trabajan casi siempre varios músculos conjuntamente, *sinérgicos* o *agonistas*. En muchas ocasiones los actos motores son realizados por *cadenas de músculos*, que traccionan sobre varias articulaciones y cuyos miembros aislados se contraen recíproca o sucesivamente. No menos importante que la actividad de los agonistas resulta para la configuración de un movimiento la participación de los antagonistas, es decir, de los músculos que actúan contrariamente al movimiento intentado. Mediante una disminución graduada de su tensión hacen posible que los agonistas realicen el movimiento.




Fig. 16. **Conducción de la escápula mediante tirantes musculares.**

1 Tirante muscular vertical:
m.elevador de la escápula (a) - parte ascendente del m.trapecio (b)
2 Tirante muscular horizontal:
parte transversa del m.trapecio (a) - parte media del m.serrato anterior (b)
3 Tirante muscular oblicuo:
m.romboideo (a) - fascículos de la parte inferior del m.serrato mayor (b)
4 Tirante muscular oblicuo:
parte descendente del m.trapecio (a) - m.pectoral menor (b)


a
b

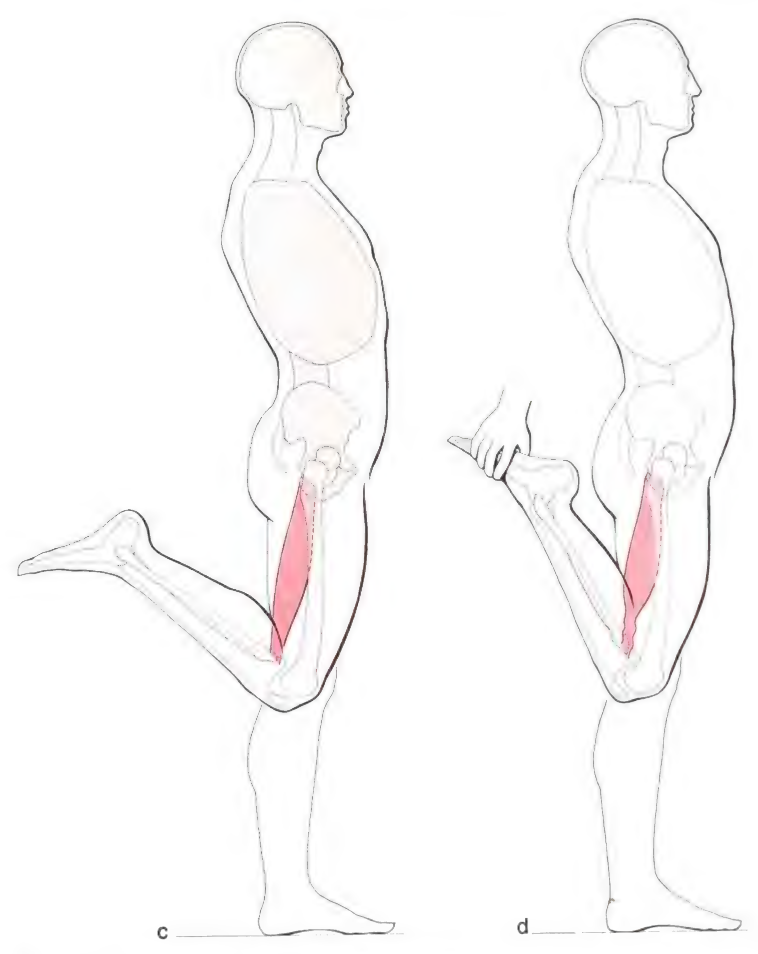


Fig. 17. **Insuficiencia muscular pasiva y activa.**
La musculatura isquiocrural (a), con la articulación de la rodilla en extensión no se deja distender en la medida en la que sea posible una flexión máxima en la articulación de la cadera (b): insuficiencia pasiva. Con la articulación de la cadera en extensión no puede acortarse tan intensamente que se realice una flexión máxima en la articulación de la rodilla (c): insuficiencia activa. Por mediación de fuerzas externas es posible una flexión adicional de alrededor de 20-30° (d).

Si dos músculos de acción antagónica se adhieren en casi la misma localización en un elemento esquelético, éste puede ser conducido por ellos como en un anillo: *anillo muscular* (fig. **16**). El segmento esquelético intercalado entre ambos músculos se designa como inscripción ósea.
Agonistas y antagonistas son *grupos funcionales* en los que se agrupan los distintos músculos en vistas a su acción sobre una determinada articulación. Por tanto, no corresponden siempre a grupos musculares genéticos. En la articulación en charnela distinguimos flexores y extensores, los cuales frecuentemente, pero no siempre, coinciden con los grupos genéticos de flexores y extensores. En la articulación esferoidea las posibilidades motoras son más variadas y con ello también las posibilidades de acción conjunta de los músculos aislados. Pueden agruparse en flexores y extensores, ab- y aductores, rotadores internos y externos.

Unicamente en un máximo esfuerzo se tensan simultáneamente todas las fibras de un músculo. En general, en cada fase del movimiento únicamente una parte variable de haces musculares interviene de un modo activo. La distribución del músculo en haces fibrosos y la división en porciones identificable en muchos músculos, cuyo origen, trayecto e inserción difieren algo entre sí, ya permite para un músculo determinado una combinación múltiple de los grupos de fibras musculares activos en una fase motora. Sin embargo, en la realización de un movimiento trabajan conjuntamente componentes parciales de varios músculos, cuya cantidad y composición puede modificarse durante un movimiento, de manera que las posibilidades de graduación y modificación de un movimiento son extraordinariamente grandes. Las indicaciones usuales sobre origen, inserción y "función" de un músculo, por tal motivo, sólo facilitan una modesta imagen de cuanto ocurre realmente en el ser vivo.

Insuficiencia muscular pasiva y activa. Los músculos poliarticulares, en general, no pueden acortarse en una medida tal que lleven a la posición extrema a todas las articulaciones sobre las que actúan. En caso de contracción máxima son *insuficientemente activos* (fig. **17c, d**). Por el contrario, los músculos poliarticulares casi nunca pueden ser distendidos en tal medida que todas las articulaciones puedan ser llevadas por los antagonistas a la posición final correspondiente. Esta distensibilidad insuficiente de los músculos poliarticulares se denomina *insuficiencia pasiva* (fig. **17b**). Esta origina una inhibición muscular de los movimientos (→ pág. 38). Ejemplos de músculos con insuficiencia activa y pasiva los constituyen entre otros los flexores y extensores largos de los dedos y los músculos isquiocrurales.

El cierre potente del puño únicamente es posible si al mismo tiempo se extiende la articulación de la mano (flexionada dorsalmente), de otro modo los flexores largos de los dedos son insuficientemente activos (mantenerse en la barra fija, llevar maletas). En la inclinación del tronco hacia adelante con las rodillas extendidas el individuo no entrenado no puede tocar el suelo con la punta de los dedos porque los flexores de la articulación de la rodilla (músculos isquiocrurales) que van del sacro al muslo se hacen insuficientemente pasivos y no permiten una distensión suficiente.

III. Sistema circulatorio

A. Elementos y principios anatómicos del sistema circulatorio

Las funciones biológicas de las células y tejidos de todos los órganos son mantenidas por medio de un *sistema de transporte. Vías de transporte* son los vasos sanguíneos y linfáticos. El *vehículo de transporte* es la sangre; *transporta*, entre otras cosas, gases respiratorios, sustancias nutritivas,

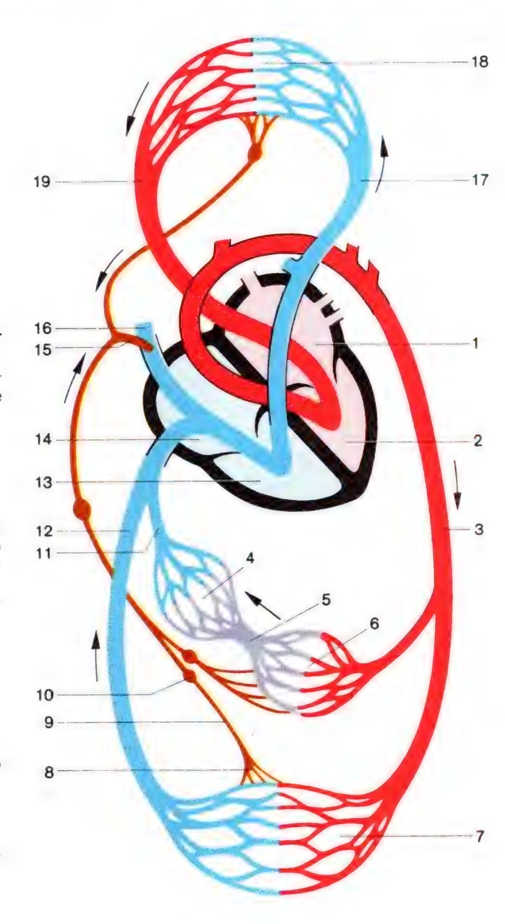


Fig. 18. **Circulación corporal y pulmonar.**
Vasos con sangre rica en oxígeno ▬, con sangre pobre en oxígeno ▬

1-16 *Circulación corporal*
1 Aurícula izquierda
2 Ventrículo izquierdo
3 Arteria aorta
4 Territorio capilar del hígado, que recibe a través de la vena porta (5) sangre del territorio capilar de las vísceras impares (6)
7 Territorio capilar de la periferia corporal
8 Capilares linfáticos
9 Vaso linfático
10 Ganglios linfáticos
11 Venas supra hepáticas
12 Vena cava inferior
13 Ventrículo derecho
14 Aurícula derecha
15 Desembocadura del tronco linfático central
16 Vena cava superior

17-19 *Circulación pulmonar*
17 Arterias pulmonares
18 Territorio capilar de los pulmones
19 Venas pulmonares

hormonas, sustancias de defensa, calor, restos metabólicos. Los *vasos sanguíneos* forman una *vía sanguínea cerrada* por la que la sangre *circula;* por ello al sistema de transporte se le denomina *sistema circulatorio.* La vía circulatoria se divide en circulación mayor (corporal) y circulación menor (pulmonar) (fig. **18**).

El **corazón** se encuentra en la transición de la vía sanguínea de la *circulación corporal* a la *circulación pulmonar,* así como en la transición entre ésta y nuevamente la circulación corporal. Se encuentra –hablando simbólicamente– en el cruce de ambos círculos, que forman un 8. El corazón, debido a su estructuración, es el motor del movimiento sanguíneo simultáneo de ambas circulaciones. Se distingue una mitad *derecha* y una mitad *izquierda,* que se denominan abreviadamente "corazón derecho" y "corazón izquierdo". Cada mitad del corazón comprende una *aurícula* y un *ventrículo.* Las dos *aurículas* recogen la sangre circulante que llega *al* corazón –la *aurícula derecha,* la sangre que procede de la *circulación corporal, la izquierda* la sangre procedente de la *circulación pulmonar.* Los dos *ventrículos expulsan* nuevamente la sangre, el *ventrículo derecho* a la *circulación pulmonar* (motor de la circulación menor), el *ventrículo izquierdo* a la *circulación corporal* (motor de la circulación mayor). El impulso sanguíneo es producido por una contracción simultánea y rítmica, el sístole, de la capa muscular media de la pared (tomo 3: Histología; miocardio) de ambos ventrículos.

Arterias, capilares y venas. Se denominan *arterias* todos los vasos que *alejan la sangre del corazón,* y venas todos los vasos que *conducen sangre al corazón;* arterias y venas son trayectos de transporte en la circulación. La nomenclatura no se rige, pues, por el contenido de oxígeno de la sangre en los vasos correspondientes. En la *circulación pulmonar* fluye en las arterias sangre pobre en oxígeno, desoxigenada, mientras que en las venas corre sangre rica en oxígeno, oxigenada. En la *circulación corporal,* en cambio, las arterias conducen sangre rica en oxígeno y las venas sangre pobre en oxígeno. Los *capilares* están intercalados entre el final de las arterias y comienzo de las venas, como segmentos de intercambio de sustancias de la circulación. La transición entre arterias y capilares la constituyen las *arteriolas*, y la transición entre capilares y venas la constituyen las *vénulas.*

Mientras que la sangre en las distintas *venas de la circulación pulmonar* no se diferencia, en distintos segmentos de la *rama venosa de la circulación corporal* se halla distinta composición de la sangre. La sangre de las venas renales es, por ejemplo, más pobre en residuos metabólicos que la de las otras venas; la sangre venosa de las glándulas hormonales es más rica en hormonas, y la del hígado es más caliente que la sangre venosa de otros órganos. La circulación corporal consta de numerosas *circulaciones parciales* intercaladas paralelamente, con diversidad de funciones, y que directa o indirectamente parten de la aorta y desembocan en las venas cavas. En la zona capilar la sangre de las arterias adquiere la composición de la sangre venosa.

Torrente circulatorio. Los vasos sanguíneos de una circulación forman en conjunto un sistema tubular cerrado, de ramificaciones múltiples, el *torrente circulatorio* o vía sanguínea circulatoria, en el que se distinguen segmentos individuales con distinto calibre y distinta estructura de la pared –arterias, capilares y venas–. Normalmente, la sangre no abandona la vía sanguínea en ningún lugar (cuando la pared vascular está intacta), a excepción (según recientes descubrimientos) del bazo. (La hemorragia que se presenta durante la menstruación obedece a una lesión de la pared vascular originada durante el curso fisiológico del ciclo menstrual).

No obstante –predominantemente en el segmento capilar de la circulación– tiene lugar un intenso intercambio entre la sangre y sus componentes sanguíneos con el tejido circundante. En los órganos hematopoyéticos (medula ósea roja, nódulos linfáticos, bazo, etc.) penetran células jóvenes en la sangre, y en los segmentos capilares provistos de fagocitos –predominantemente en el hígado– se eliminan restos de las células destruidas (tomo 3: Histología; sangre). Determinadas células defensivas de la sangre (linfocitos) regresan nuevamente al órgano de su formación y desde allí vuelven otra vez a la sangre (recirculación linfocitaria). Las partes que componen la sangre de una manera relativamente constante están sometidas a un intercambio continuo dependiente de las funciones de la sangre. A ello se añaden oscilaciones diarias y anuales en la composición de la sangre. Este intercambio inevitable de componentes sanguíneos tiene lugar a través de la *pared vascular intacta,* predominantemente del tramo capilar de la circulación. Por el contrario, una hemorragia, en la que la corriente sanguínea abandona los conductos circulatorios, presupone la existencia de una lesión de la pared vascular.

"Vasos públicos", "Vasos privados". Las funciones de numerosos órganos están íntimamente relacionadas con la circulación de la sangre (p. ej., el corazón actúa como motor de la circulación, en los riñones los productos del catabolismo son filtrados de la sangre, en el hígado se aportan al metabolismo sustancias nutritivas procedentes del intestino); estos órganos están conectados en la circulación sanguínea. Aquellos vasos sanguíneos que están sometidos con carácter inmediato *al servicio del organismo en general* se denominan "vasos públicos". Pero para poder realizar su función, los órganos deben disponer de sus propios vasos sanguíneos, "vasos privados". (Los "vasos públicos" del corazón, por ejemplo, son la vena cava superior e inferior, la aorta y la arteria pulmonar, y los "vasos privados" del corazón son los vasos coronarios.)

Pared de los vasos sanguíneos. *Configuración general.* Fundamentalmente, la pared de los vasos sanguíneos consta de *tres capas* (tomo 3: Histología; vasos sanguíneos) (fig. **19**).

La *capa interna, túnica íntima,* sirve especialmente a la regulación del *metabolismo.* Consta de células endoteliales, células planas, bajas, que delimitan la luz del vaso, y de una membrana delgada de finas fibrillas de tejido conjuntivo; en las arterias se añaden además redes elásticas. La *capa media, túnica media,* está principalmente al servicio de la *motilidad vascular,* y es portadora de células musculares lisas y redes de fibras elásticas en composición variable.

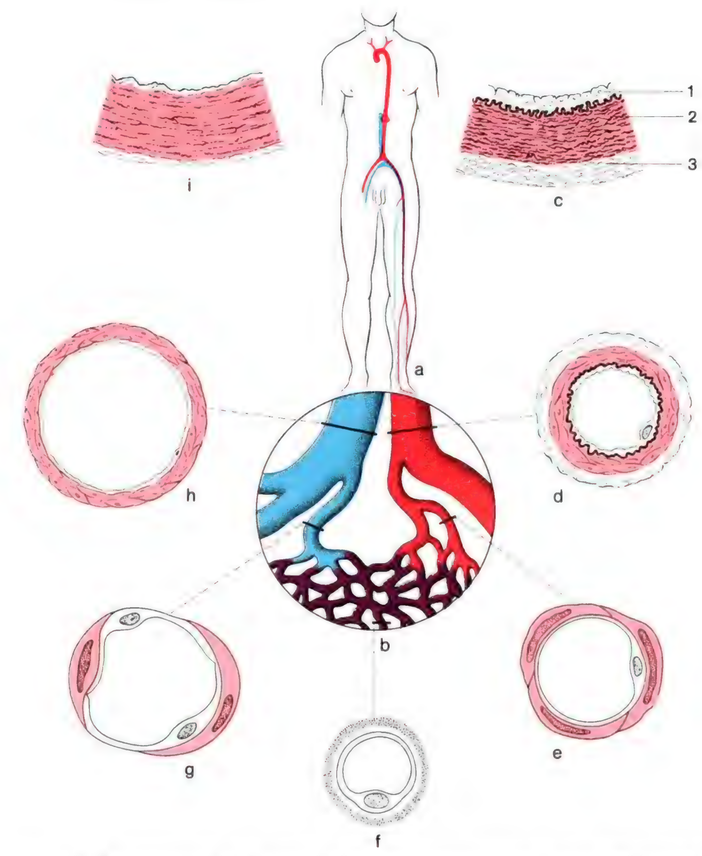


Fig. 19. **Estructura de la pared de los vasos sanguíneos en los distintos tramos de la circulación mayor.**
Los trazos horizontales indican la situación de los cortes transversales de los vasos (c-i).
Las paredes vasculares están representadas con un aumento progresivamente mayor a medida que se aproximan a los capilares.
a Rama arterial (——) y venosa (——) de la circulación mayor
b Ramas arteriales y raíces venosas en relación con el lecho capilar
c Arteria próxima al corazón (aorta)
d Arteria alejada del corazón
e Arteriola
f Capilar
g Vénula
h Vena alejada del corazón
i Vena de la mitad inferior del cuerpo, cercana al corazón (vena cava inferior)
1 Túnica íntima
2 Túnica media
3 Túnica externa

La *capa externa, túnica externa* (adventicia) facilita la *incorporación* en la región circundante y está compuesta principalmente por elementos de tejido conjuntivo (células y fibras). Las tres capas parietales en las arterias, capilares y venas están construidas de manera diferente según sus distintas misiones en la circulación.

1. Elementos del sistema circulatorio

a) Arterias

Las arterias, como tramo de transporte, poseen una túnica media fuertemente desarrollada (fig. **19c, d**).
En *arterias cercanas al corazón* (fig. **19c**) predominan en la capa media las *membranas elásticas;* durante la sístole cardíaca éstas son distendidas por la cantidad de sangre expulsada (aumento de tensión) y pueden, mediante relajamiento desviar aún más la columna sanguínea (función de colchoneta neumática) = *arterias de tipo elástico.* El impulso discontinuo sanguíneo del corazón es transformado así en una corriente continuada. La *onda del pulso* provocada por la sístole origina oscilaciones del calibre, que son percibidas en el tejido conjuntivo laxo circundante. En las zonas circundantes óseas, por la acción de la onda del pulso, se forman canales y surcos que revelan el trayecto del vaso, así por ejemplo en la cara interna de la calota del cráneo.

Un segmento arterial dilatado patológicamente, un aneurisma, puede roer el hueso vecino hasta su total destrucción.

En *arterias lejanas al corazón* (fig. **19d**) predomina en la capa media el *tejido muscular liso.* Estas arterias, por medio de la musculatura que produce dilatación y constricción, pueden regular la irrigación del terreno dependiente de la arteria = *arterias de tipo muscular.*

Las arterias están sometidas a una *tensión longitudinal* elástica. Las arterias que discurren a lo largo de zonas de flexión de las articulaciones se adaptan mediante reducción de su tensión longitudinal al acortamiento de su trayecto originado en la flexión, se retiran del ángulo de flexión. Cuando en el ser vivo se secciona una pequeña arteria, gracias a su tensión longitudinal elástica puede volver rápidamente al tejido conjuntivo

En caso de separación o desgarro de una arteria, la membrana elástica interna puede invaginar el extremo seccionado de la arteria en la luz vascular y de este modo evitar transitoriamente una hemorragia hasta que se haya formado un coágulo. Cuando en la edad avanzada disminuye la elasticidad de las arterias, la arteria se alarga y se hace serpentuosa.

En ciertas zonas del cuerpo las arterias son *serpentuosas* primariamente, por ejemplo la arteria facial en la mejilla y la arteria vertebral antes de su

entrada en la fosa craneana posterior. La *longitud de reserva* obtenida por esta serpentuosidad permite deformaciones o movimientos de las partes corporales correspondientes (p. ej., deformación de la mejilla y movimiento de giro de la cabeza).

Vías colaterales arteriales. Las arterias periféricas medianas y pequeñas tienen frecuentemente conexiones entre sí, *anastomosis*, que pueden dar lugar a la formación de una *red arteriosa*. Si las anastomosis forman una vía paralela a la corriente principal, se llaman *colaterales*. Al interrumpirse la corriente principal (oclusión, ligadura) pueden irrigar el territorio capilar correspondiente formando una circulación de rodeo, circulación colateral.

El cirujano, antes de proceder a la ligadura de una arteria, debe valorar la posibilidad de una circulación colateral y, en un caso dado, debe elegir el lugar de la ligadura de manera que esté asegurada la irrigación sanguínea a través de colaterales. La obstrucción lenta de un vaso, al contrario que la obstrucción súbita, favorece la formación de una circulación colateral.

"Arterias terminales" se denominan aquellas cuya zona de vascularización no puede ser irrigada por ningún colateral (anatómicamente preformada) (p. ej., las últimas ramificaciones de las arterias intestinales que aún discurren por el mesenterio). Se habla de *"arterias terminales funcionales"* cuando las colaterales están anatómicamente preformadas pero según experiencia general no posibilitan ninguna vascularización suficiente (p. ej.: ramas de las arterias coronarias).

En caso de oclusión de una arteria terminal (p. ej., por un coágulo de sangre, émbolo) se produce un vacío sanguíneo en el territorio de irrigación correspondiente, *isquemia*, que origina la destrucción tisular local, *infarto*. Los órganos amenazados por el infarto son pulmón, hígado, bazo, riñones, cerebro, corazón y la retina ocular. Sin embargo, la experiencia enseña que también en estos órganos, si la oclusión arterial es lenta, pueden formarse vías colaterales.

Las **arterias de bloqueo** pueden preceder al territorio capilar y desconectar transitoriamente a éste de la irrigación; son de tamaño microscópico. Poseen como dispositivo de cierre en la íntima, células musculares de trayecto longitudinal que abomban como un almohadillado ("arterias acolchadas", tomo 3: Histología; arterias de bloqueo). Las arterias de bloqueo se presentan en los órganos endocrinos, cuerpos cavernosos genitales y en otros lugares.

Arterias helicíneas. En algunos órganos las arterias tienen un trayecto en forma de sacacorchos, sinuoso o muy serpentuoso. Puede tratarse de una longitud de reserva de la arteria, que hace posible una breve modificación de volumen del órgano; así por ejemplo en las arterias helicíneas del pene. Por otra parte, las arterias helicíneas pueden presentarse en otros órganos que no están sometidos a ninguna

modificación de volumen, por ejemplo en el hilio del ovario, o en caso de modificación lenta de volumen mantienen su trayecto serpentuoso, por ejemplo en el útero; la importancia de esta modalidad de arterias helicíneas es desconocida.

Arteriolas (fig. **19e**). Son arterias más pequeñas (∅ unos 30 μm) que preceden al lecho capilar. La media de la pared arterial consta predominantemente de tejido muscular. El segmento terminal de las arteriolas, que se ramifica en capilares, se denomina, por tanto, “esfínter precapilar”.

Anastomosis arteriovenosas son cortocircuitos que conducen la sangre desde las más pequeñas arterias, dando un rodeo al lecho capilar, a las venas más pequeñas. Sirven para la regulación de la irrigación (tomo 3: Histología; anastomosis arteriovenosas).

b) Capilares

Los *capilares* tienen un diámetro de 4 hasta 15 μm. Los eritrocitos, susceptibles de deformación, cuyo diámetro es insignificantemente mayor que el correspondiente a los capilares más estrechos (diámetro de los eritrocitos, 7,7 μm), son oprimidos por los capilares y se deslizan a lo largo del endotelio capilar. Los capilares forman una red muy ramificada cuyo conjunto se denomina también “lecho capilar” (fig. **19b**). La pared de los capilares consta únicamente de un tubo endotelial, que está rodeado por una lámina basal de glicoproteínas. En trechos aislados, sobre el tubo endotelial hay células individuales, los pericitos (tomo 3: Histología; capilares).

Se denomina **red admirable, rete mirabile,** o circulación porta un *lecho capilar* adicional que está intercalado en la rama arterial o venosa de una circulación parcial. Como red admirable arterial se considera la suma de todas las asas capilares de los corpúsculos renales (tomo 3: Histología; glomérulo), el hígado posee una red admirable venosa (tomo 3: Histología; hígado).

Mientras que el *diámetro* de los distintos vasos disminuye constantemente desde la arteria a los capilares, el diámetro total de los vasos aumenta mediante ramificaciones continuadas desde 4,5 cm^2 (aorta) aproximadamente hasta unos 4500 cm^2 (si bien estos capilares no son irrigados simultáneamente). El aumento máximo del diámetro total tiene lugar en la transición de las arteriolas a capilares. Al mismo tiempo, en esta zona la *tensión sanguínea* sufre el descenso máximo de 85 mm Hg a unos 15 mm Hg. La *corriente sanguínea* se hace mucho más lenta.

c) Venas

Las *venas* (fig. **19f, g**) poseen por regla general una pared más delgada que las correspondientes arterias y satisfacen con ello la tensión sanguínea más baja en la rama venosa. En la pared venosa predomina el tejido muscular liso, que es el que origina el tono de las venas; las fibras elásticas, en

cambio, desempeñan un papel menos importante. Las capas íntima, media y adventicia no están claramente delimitadas entre sí (tomo 3; Histología; venas). Por lo demás, la constitución de la pared de las venas viene determinada por las diversas circunstancias hemodinámicas en las distintas partes del cuerpo. Las venas de las partes corporales inferiores (fig. **19g**) poseen más tejido muscular (¡tensión interior más alta!) que las de las partes superiores; las venas que debido a su configuración carecen de oscilaciones de calibre (p. ej., venas del hígado) tienen una pared débilmente desarrollada.

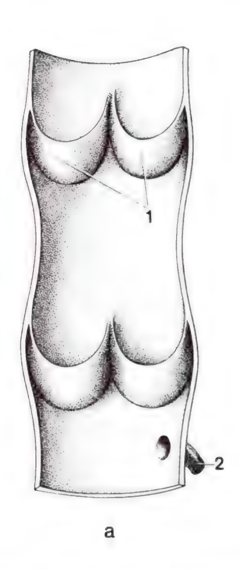
En el *transporte de retorno de la sangre venosa al corazón* –junto a otros factores locales manifiestos– desempeñan un papel las *válvulas venosas,* la *"bomba muscular"* y (quizá también en escasa medida) el *"acoplamiento arteriovenoso"*. Las *válvulas venosas* son pliegues de la íntima en forma de bolsa, que actúan a modo de válvula (fig. **20**). Las aberturas de las bolsas están dirigidas hacia el corazón, dan paso libre a la corriente sanguínea hacia el corazón, pero impiden el retroceso de la sangre cuando se despliegan. Las válvulas venosas se encuentran en todas las venas pequeñas y medianas, salvo en las venas de la cabeza, del canal vertebral y de las vísceras.

La función valvular de las válvulas venosas presupone un tono suficiente de la pared de la vena. Si éste falta, aumenta el diámetro total de la vena, la válvula venosa se hace insuficiente y se origina un reflujo venoso que sobrecarga y distiende adicionalmente la pared de la vena y conduce a la formación de *varices.*

Se denomina *"bomba muscular"* la presión que ejercen los músculos del aparato locomotor por medio de su contracción sobre las venas. La "bomba muscular" ocasiona una desviación sanguínea que es dirigida hacia el corazón por las válvulas venosas. La estructuración de los vasos en las hendiduras y fosas del aparato muscular favorece este proceso; el movimiento corporal aumenta la corriente de retorno de la sangre venosa al corazón. Las venas de situación profunda del aparato locomotor están más expuestas a la "bomba muscular" que las venas cutáneas, en las que por tal motivo también más precozmente se produce una estasis de la corriente venosa de retorno. (La búsqueda de venas cutáneas para administrar una inyección es favorecida por la estasis de retorno).

"Acoplamiento arteriovenoso". Las venas pequeñas y medianas que –casi siempre dobles– como "venas satélites" transcurren con las arterias (fig. **20b**), están fijadas a las arterias por tejido conjuntivo adventicial y vainas vasculares. Se cree que debido a este acoplamiento arteriovenoso la onda del pulso puede estrechar la luz venosa y en consecuencia mover la columna sanguínea. Sin embargo, la eficiencia de este mecanismo no deja de ser discutida.

"Vénulas". Con este término se denominan las venas más pequeñas (fig. **19g**), que recogen la sangre del lecho capilar. El diámetro de las vénulas es sólo muy poco mayor que el diámetro de los capilares, pero el tubo endotelial de las vénulas ya está rodeado por células musculares lisas –inicialmente aisladas– que pueden ejercer función de esfínter.



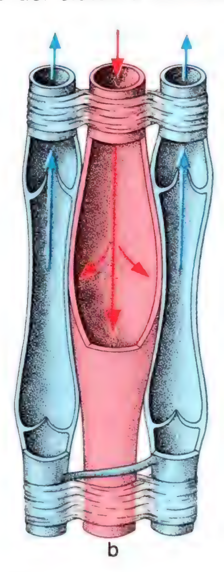


Fig. 20. **Válvulas venosas y acoplamiento arteriovenoso.**
a Vena en corte longitudinal y con las válvulas abiertas
b Dos venas satélite flanquean a una arteria cuya onda del pulso estrecha la luz de las venas. Las válvulas inferiores se cierran y las superiores permanecen abiertas, con lo cual la sangre venosa se mueve hacia el corazón
1 Válvula venosa en forma de bolsa (de nido de paloma)
2 Desembocadura de una vena más pequeña

Venas tortuosas se presentan inmediatamente detrás de una zona capilar. Son de tamaño microscópico, su pared contiene potentes fascículos de células musculares lisas de forma anular o longitudinal, a través de cuya contracción la sangre sufre un estancamiento en el lecho capilar precedente. Las venas tortuosas existen en las glándulas endocrinas, en la mucosa nasal y en los órganos sexuales.
Las **vías venosas colaterales** son más numerosas y esencialmente más variables que las colaterales arteriales. Las venas periféricas forman a menudo *redes venosas* y *plexos venosos.*
En la pared torácica, en el cuello y en las extremidades existen vías colaterales venosas en forma de profundas venas que acompañan a las arterias y venas cutáneas superficiales que no siguen el trayecto de las arterias; ambas están unidas entre sí por anastomosis. Por regla general, la interrupción de una vena no perjudica el aflujo venoso de una región.

"Senos venosos" son, en el lenguaje usual, segmentos vasculares microscópicos dilatados en la rama venosa de la circulación (p. ej., en la medula suprarrenal); **"sinusoides"** son segmentos capilares dilatados (p. ej., en el

lobulillo hepático). En la región del *cráneo* se distinguen macroscópicamente rígidos conductos sanguíneos que están rodeados por la duramadre y constituyen los denominados *senos venosos*.

d) Vasos linfáticos y ganglios linfáticos

Vasos linfáticos

Los *vasos linfáticos* proceden de *redes linfáticas* capilares periféricas que son alimentadas por los *capilares linfáticos*. Su comienzo es "ciego", es decir, sin comunicación con las hendiduras intercelulares, en el tejido conjuntivo de los órganos; la composición de la *linfa* y del *líquido tisular intercelular* es distinta. La pared de los capilares linfáticos y de las redes linfáticas consta de un endotelio bajo.

Los vasos linfáticos son finos como cabellos, acompañan en parte a las profundas arterias y venas del aparato locomotor y de los órganos, y en parte siguen un curso superficial en el tejido conjuntivo subcutáneo, con lo que siguen aproximadamente el trayecto de las venas cutáneas. Entre vasos linfáticos superficiales y profundos existen numerosas comunicaciones.

Los vasos linfáticos conducen la linfa en dirección al corazón por la sangre venosa. Los haces vasculares linfáticos mayores de curso paralelo, apenas ramificados, *vías linfáticas*, desembocan finalmente a través de *troncos colectivos*, el *conducto torácico* y los *troncos linfáticos*, en el ángulo venoso (concurrencia de la vena subclavia y la v. yugular interna) de cada lado. Los vasos linfáticos son pues una *vía paralela a la rama venosa* de la circulación sanguínea.

En caso de inflamación de las vías linfáticas en el tejido conjuntivo subcutáneo, éstas se hacen visibles a través de la piel como líneas rojas (linfangitis). Los correspondientes ganglios linfáticos regionales suelen estar engrosados y dolorosos.

La **pared de los vasos linfáticos** consta de un tubo endotelial, que está rodeado por una capa delgada de pequeños fascículos musculares. Los grandes troncos linfáticos se parecen en la constitución de su pared, a las venas delgadas. Los vasos linfáticos, debido a su pared delgada, son difíciles de preparar anatómicamente. Están compuestos de segmentos valvulares, fragmentos vasculares cuya longitud es de pocos milímetros hasta centrímetros. En el comienzo engrosado de un segmento valvular se encuentra una válvula bursiforme; por ello los vasos linfáticos pueden adquirir un aspecto de una sarta de perlas (fig. **21**).
Los vasos linfáticos poseen una motilidad propia. Cuando se produce la contracción del segmento valvular, la linfa es impulsada de segmento en segmento en dirección al corazón.

Ganglio linfático

Ganglio o *nódulo linfático.* En el trayecto de los vasos linfáticos existen intercaladas estaciones de ganglios linfáticos, con frecuencia sucesivos (fig. **21**). Constan de uno o varios nódulos linfáticos de tamaño variable, casi siempre de milímetros. O sea que por regla general la linfa de la periferia es impulsada a través de varios ganglios linfáticos, conectados sucesivamente, que actúan como un filtro biológico.

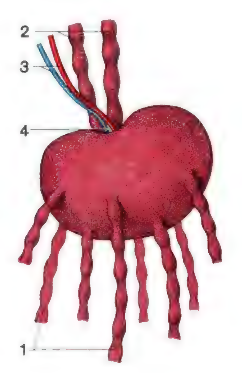


Fig. 21. **Ganglios linfáticos.**
1 Vasos linfáticos aferentes
2 Vasos linfáticos eferentes
3 Vasos sanguíneos
4 Hilio del ganglio linfático

Estructuración del ganglio linfático. El ganglio linfático (fig. **22**) tiene (casi siempre) forma de judía y posee un hilio en el que entran y salen vasos. El ganglio linfático está rodeado por una *cápsula de tejido conjuntivo* y contiene en su interior tejido conjuntivo reticular espumoso. En las mallas de este tejido están incluidos masivamente *linfocitos*, que debajo de la cápsula están en forma de folículos esferiformes, y en el centro y hacia el hilio en forma de cordón. Debajo de la cápsula queda un *seno marginal* libre de linfocitos, y desde allí los *senos intermediarios* conducen en sentido radial al *seno medular*. La cápsula está atravesada por numerosos *vasos aferentes*, a través de los cuales la linfa penetra en el *seno marginal*. A través del *seno intermediario* y el *seno medular* la linfa llega a unos pocos *vasos eferentes* que en el hilio abandonan a los ganglios linfáticos (tomo 3: Histología; ganglios linfáticos). Los ganglios linfáticos son, por tanto, lugares en los que convergen las vías linfáticas y se fusionan en vías linfáticas mayores

En su trayecto a través de los ganglios linfáticos la linfa cede partículas extrañas (p. ej., bacterias) a los fagocitos y recoge simultáneamente linfocitos que finalmente llegan a la sangre venosa. Los ganglios linfáticos son *órganos del sistema defensivo* del organismo (tomo 3: Histología; sistema defensivo específico).

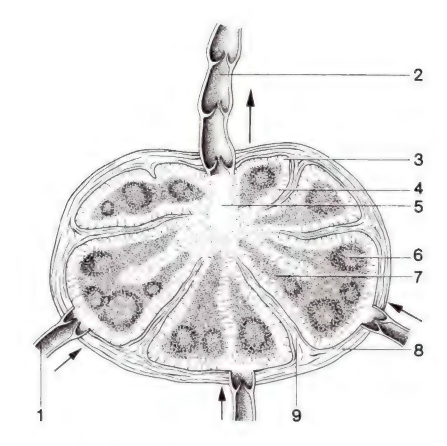


Fig. 22. **Corte a través de un ganglio linfático.**
1 Vaso aferente
2 Vaso eferente con válvulas bursiformes
3 Seno marginal
4 Seno intermediario
5 Seno medular
6 Folículo linfático
7 Cordón medular
8 Cápsula conjuntival
9 Tabique de tejido conjuntivo

Ganglios linfáticos regionales. Los ganglios linfáticos que son los *primeros* en recibir linfa de una región corporal o de un órgano son los "ganglios linfáticos regionales" (fig. **23**). Un órgano o una región puede ceder linfa a varios ganglios linfáticos regionales situados en lugares diversos, y un ganglio linfático puede recibir linfa de varios órganos, o sea, pueden ser ganglios linfáticos regionales para varios órganos o regiones. La ordenación de los nódulos linfáticos regionales con respecto a los órganos o regiones es muy constante y apenas sufre variación.

En caso de propagación de una infección o de una tumoración maligna por vía linfática, se afectan primeramente los ganglios linfáticos regionales. El conocimiento de su situación y zonas de expansión es extraordinariamente importante para el diagnóstico de tales enfermedades.

Ganglios linfáticos colectores (fig. **23**) son los *conectados a continuación* de los ganglios regionales; reciben linfa de varios ganglios regionales. En la región de ganglios linfáticos colectores, poco antes de la desembocadura en el tronco linfático central, existen retículos de vasos linfáticos.

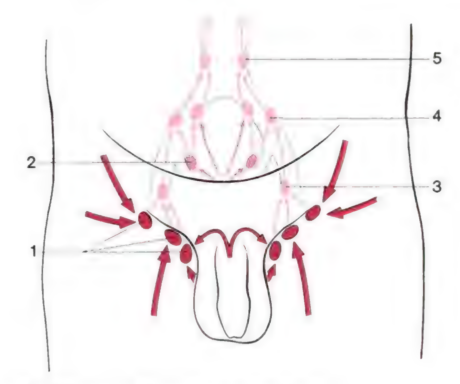


Fig. 23. **Ganglios linfáticos regionales y colectores.**
Las flechas indican la dirección de flujo de la linfa
1, 2 *Ganglios linfáticos regionales*
1 Nódulos linfáticos superficiales en la región inguinal (región de propagación: piel de la región subumbilical, genitales externos, ano)
2 Nódulos linfáticos ilíacos internos en la a.ilíaca interna (región de propagación: órganos pélvicos)
3-5 *Ganglios linfáticos colectores*
3 Nódulos linfáticos inguinales profundos en la a.femoral y nódulos linfáticos ilíacos externos en la a.ilíaca externa
4 Nódulos linfáticos ilíacos comunes en la a.ilíaca común
5 Nódulos linfáticos lumbares en la aorta y v.cava inferior

2. Principios estructurales del sistema circulatorio

Vías conductoras periféricas

Se denominan **vías conductoras periféricas** los *vasos* (arterias, venas, vasos linfáticos) y *nervios* en su trayecto entre sus órganos centrales (corazón y sistema nervioso central) y los "órganos periféricos", los órganos efectores de los vasos y nervios. Las vías conductoras periféricas se ramifican o ceden ramas de manera típica pero variable. Las ramas que proceden de ramificaciones continuas se denominan con *nombre* propio, por regla general con el del órgano efector.

Ejemplo: La *a.carótida común* se divide en a.carótida *externa* (que se ramifica primordialmente *por fuera* de la cavidad craneana) y a.carótida *interna* (que se ramifica *dentro* del cráneo). La a.carótida externa se ramifica en *a.maxilar* (hacia la región de la *mandíbula*) y *a.temporal* (hacia la región *temporal*). La a.temporal da una rama *anterior* (hacia la región temporal *anterior*) y una rama *posterior* (hacia la región temporal *posterior*), etc.
En el *curso de preparación* anatómica las vías conductoras periféricas son expuestas mediante la extirpación del tejido conjuntivo circundante.

Con la entrada en el órgano efector (o antes de la salida de éste) las vías de conducción entran en estrecha relación con la función orgánica, se transforman en parte de la estructura orgánica. Así por ejemplo, el tronco vascular del hígado, riñón y bazo son tan específicos de órgano, que ya únicamente por la disposición vascular este órgano es identificado macroscópicamente (mediante una "preparación inyectable" en la que los vasos son rellenados con una masa rígida, o mediante una exposición vascular radiológica) y microscópicamente. Los vasos y nervios de los propios órganos no se incluyen en las vías conductoras periféricas en el sentido estricto, y los comentamos juntamente con la estructura de los distintos órganos.

Vías vasculonerviosas

Los vasos y nervios pueden sufrir lesiones por compresión, hiperdistensión, torsión, movimientos en tijera –especialmente en partes del cuerpo móviles cerca de las articulaciones– y por tal motivo precisan una protección. Discurren como vías conductoras periféricas (casi siempre) conjuntamente en forma de *paquetes vasculonerviosos* en hendiduras del tejido conjuntivo, en nichos musculares y aponeurosis, y en canales óseos que ofrecen protección ante las lesiones mecánicas a vasos y nervios.
Los *paquetes vasculonerviosos* son especialmente manifiestos en las extremidades y cuello. En las extremidades pueden seguirse frecuentemente hasta la entrada de las vías conductoras en el músculo. Nervio y vaso penetran en una localización circunscrita, en una área *vasculonerviosa,* en el músculo. El *tejido conjuntivo* de las vías vasculonerviosas envuelve las vías conductoras periféricas en algunas zonas en una vaina densa de tejido conjuntivo especialmente evidente en el cuello. En estos casos el fascículo conductor en conjunto es desplazable dentro de un tejido conjuntivo laxo circundante.

En las vías vasculonerviosas pueden extenderse las infecciones a lo largo de grandes tramos (flemones).

Los *paquetes vasculonerviosos* atraviesan *articulaciones,* casi siempre por la cara de flexión, pero en todo caso de tal manera que en los movimientos de la articulación no sufren ninguna distensión que pudiera acarrear la obstrucción de los vasos o la hiperdistensión del nervio. En las articulaciones que pueden sufrir una flexión en ángulo agudo (p. ej., en la articulación de la rodilla), las vías conductoras están incluidas en un cuerpo graso deformable que, mediante el acortamiento elástico de la arteria, en el movimiento de flexión es apartado de la zona de peligro.

Para la *búsqueda* de paquetes vasculonerviosos nos orientamos por los compartimientos de las fascias (musculares), los orificios musculares y los elementos esqueléticos. Si las vías vasculonerviosas son adyacentes a un músculo en un trayecto largo, este músculo es llamado *"músculo conductor"* o *"satélite"*.

Los tramos de trayecto cercanos al hueso requieren una especial atención. En las fracturas óseas las vías conductoras son dañadas en estas zonas. En las operaciones, para proteger a las vías conductoras, los órganos se apartan hacia un lado en el sentido de aquéllas.

En los paquetes vasculonerviosos discurren primordialmente vías de conducción *subfasciales*. Por el contrario, los vasos, y nervios epifasciales no suelen mantenerse en conductos vasculonerviosos manifiestos, aunque los nervios y venas cutáneas en el tejido conjuntivo subcutáneo discurren por lo general conjuntamente. Pero las pequeñas arterias cutáneas no tienen con éstos ninguna relación.
En las partes corporales que son *poco movibles* o rígidas —en el espacio torácico, abdominal y pélvico, y en la cabeza— las vías de circulación en el tejido conjuntivo de las vías conductoras son superficiales y amplias. Sin embargo, también aquí adaptándose a circunstancias anatómicas; por ejemplo, en los orificios de la base del cráneo o de la pared de la pelvis los conductos de nervios o vasos pueden adquirir una forma acordonada. En los órganos internos móviles (desplazables) del abdomen y la pelvis las vías conductoras están dispuestas en forma acordonada y entran o salen en un lugar circunscrito (en el hilio del órgano). El cordón de la vía conductora se encuentra en estos casos (casi siempre) en el eje, alrededor del cual puede producirse un movimiento de giro del órgano.

Dado que la atención del médico va dirigida frecuentemente a todo el conjunto vasculonervioso de una parte corporal, en las distintas regiones corporales, siempre y cuando sea posible, se hace referencia a los paquetes vasculonerviosos y capas vasculonerviosas comunes de las vías conductoras.

Los *grandes troncos vasculares del cuerpo,* a excepción de la vena cava superior, se apoyan en la *columna vertebral.* Como quiera que también el *tronco linfático principal* y los *grandes troncos nerviosos de la medula espinal,* los nervios espinales, que salen del canal vertebral, discurren en el espacio de tejido conjuntivo delante y junto a la columna vertebral, éste se considera como la *vía vasculonerviosa central del cuerpo.*

B. Plan estructural del sistema circulatorio

1. Circulación prenatal

En la **circulación prenatal** el intercambio gaseoso, así como el de sustancias, residuos metabólicos entre otros, tienen lugar en la *placenta* (tomo 4: Embriología; placenta). Los vasos placentarios embrionarios y fetales están intercalados como circulación parcial en la *circulación corporal.* Por el contrario, la circulación pulmonar está ampliamente excluida, los pulmones no son ventilados.

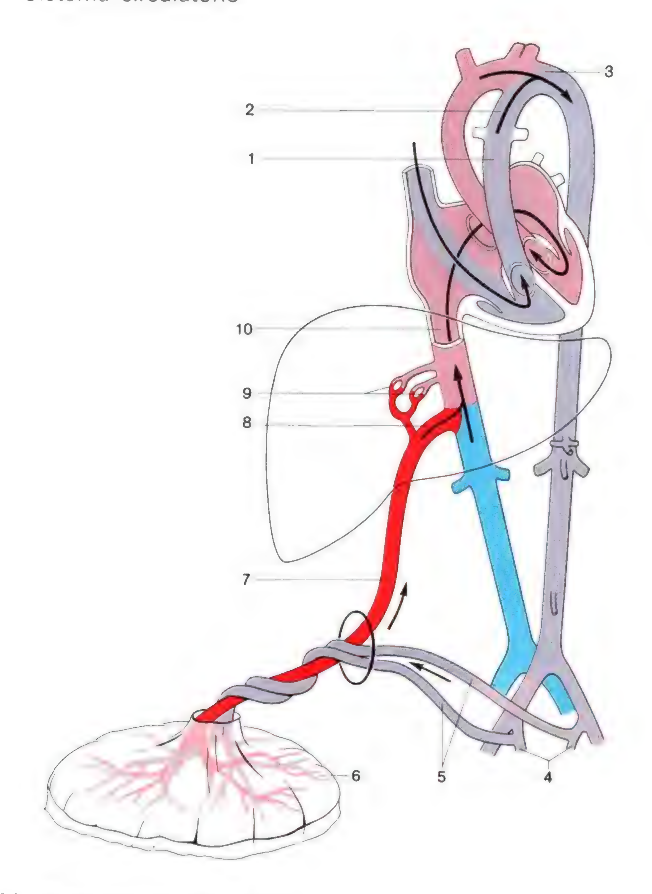


Fig. 24. **Circulación sanguínea fetal.**

1 Tronco pulmonar
2 Conducto arterioso
3 Aorta
4 Aa.ilíacas internas
5 Aa.umbilicales
6 Placenta
7 V.umbilical
8 Conducto venoso
9 Vasos hepáticos
10 V.cava inferior

Corriente sanguínea (fig. **24**). La sangre oxigenada en la *placenta* fluye a la *vena umbilical* (originariamente izquierda) debajo del hígado. La porción menor de la sangre es conducida a través del hígado, pero la parte mayor es conducida a la sangre fuertemente desoxigenada de la vena cava inferior a través de un *cortocircuito (primero),* el conducto venoso, que pasa junto a la cara inferior del hígado. La sangre (mezclada) alcanza seguidamente la aurícula derecha. A partir de aquí –apoyada por una vál-

vula en la desembocadura de la vena cava inferior– a través de un *(segundo) cortocircuito valvular,* el agujero de Botal, en el tabique interauricular, es conducida a la aurícula izquierda y el ventrículo izquierdo. Por la aorta la sangre fluye en parte al cuerpo fetal, y en parte regresa a la placenta por dos *arterias umbilicales.* La sangre desoxigenada que desde la cabeza, cuello y brazos y a través de la vena cava superior va a la aurícula derecha, cruza delante de la corriente sanguínea que de la vena cava inferior va al ventrículo derecho, fluye seguidamente a través de la arteria pulmonar, y un *(tercer) cortocircuito,* el *conducto arterioso,* hacia la aorta y a la periferia; los pulmones son sólo escasamente vascularizados.

El hígado recibe la sangre más rica en oxígeno; en la zona proximal de la desembocadura del conducto arterioso en la aorta la sangre es más rica en oxígeno que en la zona distal de la misma, la cabeza y la extremidad superior están mejor oxigenadas que la mitad corporal inferior.

Inmediatamente después del parto se realiza la transformación de la circulación prenatal en circulación postnatal. Mediante obliteración de los vasos umbilicales (contracción de la pared vascular, ligadura del cordón) aumenta la tensión sanguínea en la aorta, simultáneamente asciende la tensión parcial de CO_2 en la sangre y excita el centro respiratorio en el cerebro. Se inicia la respiración pulmonar. Con ello se despliega el pulmón y disminuye la resistencia en la circulación pulmonar. Debido al gradiente de tensión llega mayor cantidad de sangre a la circulación pulmonar. La sangre de retorno procedente de los pulmones aumenta la tensión en la aurícula izquierda, con lo que se cierra mecánicamente el agujero de Botal debido a su estructura de tipo valvular. El conducto venoso y el arterioso se cierran primordialmente por contracción de su pared muscular. Con ello ya quedan establecidas las condiciones de corriente sanguínea de la circulación postnatal.

2. Circulación postnatal

A continuación exponemos una *visión general* de los grandes troncos arteriales y venosos de la circulación corporal y de sus ramas o aferentes directas, así como de los grandes troncos sanguíneos de la circulación pulmonar. Sus relaciones espaciales y ulteriores divisiones son tratadas en las distintas regiones corporales.

a) Troncos arteriales de la circulación corporal

Aorta

La arteria principal del cuerpo, la **aorta,** conduce la sangre directa o indirectamente a todas las arterias de la circulación corporal (fig. **25**). Sale del *ventrículo izquierdo,* discurre inicialmente, como *aorta ascendente,* hacia la derecha y arriba hasta la altura del ángulo esternal, seguidamente en forma de arco, arco de la aorta, por la bifurcación del tronco pulmonar y por el hilio del pulmón izquierdo en una dirección aproximadamente sagi-

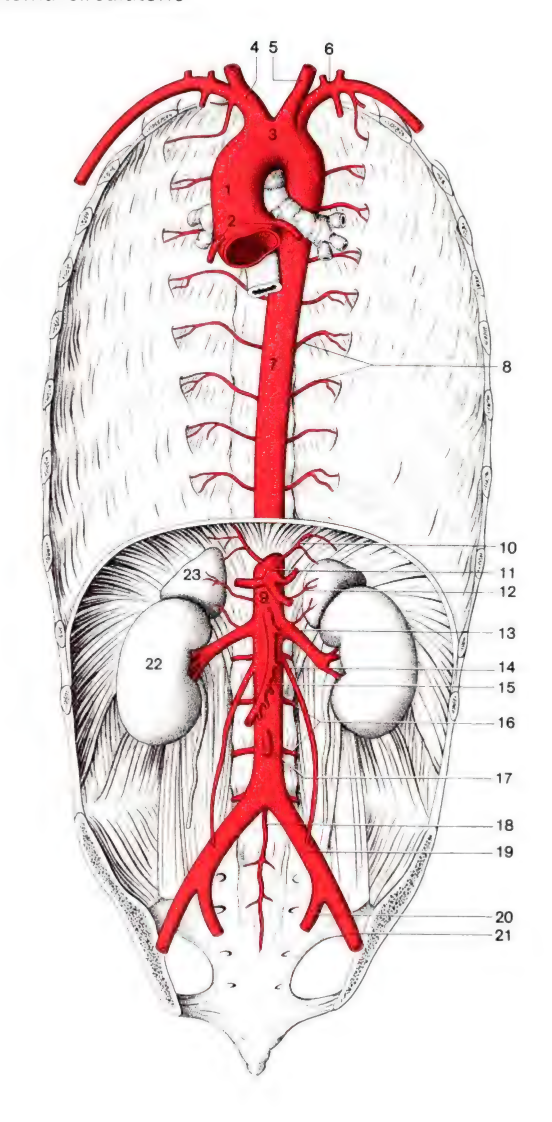


Fig. 25. **Ramas directas de la aorta.**

tal hacia atrás en el lado izquierdo de la columna vertebral (a la altura de la 4.ª vértebra torácica).

En el segmento distal del arco de la aorta, después de la salida de las ramas directas, puede existir un pequeño estrechamiento, el *istmo de la aorta;* como malformación puede presentarse en esta localización un estrechamiento muy acentuado o una oclusión, *estenosis* del istmo de la aorta.

Seguidamente la aorta se dirige hacia abajo, *aorta descendente,* hasta su bifurcación en las dos arterias ilíacas comunes delante de la 4.ª vértebra lumbar. Su continuación caudal en forma de curva sigue como arteria sacra media hasta el hueso sacro. En la aorta descendente se distingue la *aorta torácica* y la *aorta abdominal.* El límite entre ambas se encuentra en el paso de la aorta descendente a través del diafragma.
Las *ramas directas* de la aorta se dividen en *tres* grupos atendiendo a su origen: un grupo procede en parte de las *arterias de los arcos branquiales,* otro grupo de *arterias segmentarias* embrionarias, y un tercer grupo de *arterias viscerales* embrionarias (tomo 4: Embriología; desarrollo de las arterias).

Ramas de la aorta ascendente

Las *ramas directas de la aorta ascendente,* ramas viscerales, son la **a.coronaria derecha** y la **a.coronaria izquierda.** Salen del segmento inicial de la aorta e irrigan el corazón.

Ramas del arco aórtico

Las *ramas directas del arco aórtico,* que se origina de la arteria del 4.° arco branquial izquierdo, son derivadas de las arterias de los arcos branquiales.
El **tronco braquiocefálico** se divide detrás de la articulación esternoclavicular derecha (pág. 194) en la *a.carótida común derecha* (para la mitad derecha de cuello y cabeza) y la *a.subclavia derecha* (para la mitad derecha del cuello, hombro derecho y brazo derecho).

◄ 1 Aorta ascendente
2 *Ramas de la aorta ascendente:* Aa.coronarias
3 Arco aórtico
4-6 *Ramas del arco aórtico*
4 Tronco braquiocefálico (se divide en a.carótida común y a.subclavia derecha)
5 A.carótida común izquierda
6 A.subclavia izquierda
7 Aorta torácica
8 *Ramas de la aorta torácica:* Aa.intercostales posteriores
9 Aorta abdominal
10-19 *Ramas de la aorta abdominal*
10 A.diafragmática inferior con a.suprarrenal superior
11. Tronco celíaco con a.gástrica izquierda, a.hepática común, a.esplénica
12 A.suprarrenal media
13 A.renal con a.suprarrenal inferior
14 A.espermática (a.ovárica)
15 A.mesentérica superior
16 A.lumbares
17 A.mesentérica inferior
18 A.sacra media
19 A.ilíaca común
20 A.ilíaca interna
21 A.ilíaca externa
22 Riñones
23 Cápsula suprarrenal

Una **arteria tiroidea ima,** de formación impar, con ramas al tiroides, timo y tráquea, se presenta en un 10 % de los casos. La arteria puede también salir del tronco braquiocefálico.

La **a.carótida común izquierda** irriga la mitad izquierda del cuello y cabeza. La **arteria subclavia izquierda** emite ramas a la mitad izquierda del cuello, hombro y brazo izquierdos.

Ramas de la aorta descendente

Las *ramas directas de la aorta descendente* proceden de arterias segmentarias embrionarias y de arterias viscerales embrionarias. Las ramas pueden distribuirse en los tres grupos siguientes (fig. **26**):
Ramas de la pared torácica (ramas parietales), nacen en la parte dorsal en número par a partir de la aorta y en ordenación segmentaria.
Ramas viscerales para las vísceras de formación *par,* nacen lateralmente en número par, pero sin relación con los segmentos de la pared abdominal.
Ramas viscerales para vísceras de formación *impar* procedentes del esbozo del tracto gastrointestinal, nacen de la parte ventral en número impar y no son segmentarias.

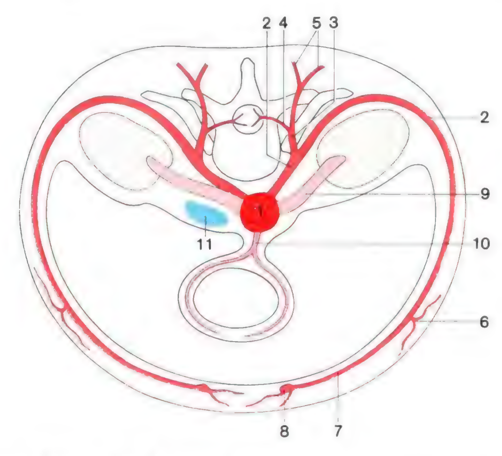


Fig. 26. **Ramas directas de la aorta descendente.**
1 Aorta
2 *Rama de la pared torácica* (a.intercostal posterior)
3-6 Ramificación de la a.intercostal posterior
3 Rama dorsal
4 Rama espinal
5 Rama cutánea interna y Rama cutánea externa } de la Rama dorsal
6 Rama cutánea externa
7 Rama intercostal anterior, anastomosada con la a.intercostal posterior
8 A.torácica interna
9 *Rama visceral par* (a.renal)
10 *Rama visceral impar* (a.mesentérica superior)
11 Vena cava inferior

Ramas de la pared torácica procedentes de la aorta torácica

Las **Aa.intercostales posteriores III-XI** y la **a.subcostal** discurren en los segmentos correspondientes de la pared torácica.

Cada a.intercostal posterior emite:
– la *rama dorsal,* que emite la *rama espinal* a través del foramen invertebral a la medula espinal y a sus meninges, da ramas a los músculos de la espalda e irriga la piel de la espalda con la *rama cutánea interna* y la *externa.*
– *la rama cutánea externa,* que en la pared torácica externa va hacia la piel y en la zona del pecho emite *ramas mamarias* a la glándula mamaria.

La **a.frénica superior** sale del tórax en la parte lumbar del diafragma.

Ramas viscerales de la aorta torácica

Las **ramas bronquiales** van a la pared de los bronquios, las **ramas esofágicas** al esófago. **Las ramas pericárdicas** para el pericardio, y las **ramas mediastínicas** para el mediastino posterior tienen una conformación variable.

Ramas de la pared torácica de la aorta abdominal

La **a.diafragmática inferior,** que sale en formación par o impar, alcanza al diafragma por su cara inferior y emite una rama hacia la suprarrenal. Las **Aa.lumbares,** cinco arterias a cada lado, la 5.ª procedente de la arteria sacra mediana, discurren por la pared torácica posterior.

Cada a.lumbar emite
– la *rama dorsal* para la musculatura de la espalda y la zona medial de la piel de la espalda,
– la *rama espinal* para la medula espinal y las meninges.

La **a.ilíaca común** procede en ambos lados de la bifurcación de la aorta abdominal al nivel de la 4.ª vértebra lumbar. Se divide delante de la articulación sacroilíaca (v. pág. 323) en la arteria ilíaca interna, que irriga las vísceras pélvicas y pared pélvica, y la a.ilíaca externa, que va hacia la extremidad inferior y a lo largo de su curso emite debajo del ligamento inguinal todavía ramas a la pared torácica anterior.

La **a.sacra media** continúa como arteria delgada el curso de la aorta en el centro de la cara anterior del hueso sacro.

Ramas viscerales pares de la aorta abdominal

La **a.suprarrenal media** sale de ambos lados hacia la suprarrenal.
La **a.renal,** la más potente rama par lateral, nace a ambos lados de la aorta aproximadamente a la altura de la 1.ª vértebra lumbar, casi en ángulo recto. La a.renal irriga el riñón y emite una rama para la suprarrenal.

La **a.testicular (ovárica)** abandona la aorta a ambos lados por debajo de la salida de la a.renal y va a las gónadas (testículo u ovario).

Ramas viscerales impares de la aorta abdominal

El tronco celíaco, 1.ª arteria visceral impar ventral de la aorta abdominal con las ramas principales *a.hepática común, a.esplénica* y *a.gástrica izquierda,* se origina todavía en la zona del paso de la aorta a través del diafragma. La arteria lleva sangre al estómago, hígado y bazo.

La **a.mesentérica superior,** 2.ª arteria visceral impar ventral de la aorta abdominal, abandona a ésta inmediatamente por debajo del tronco celíaco e irriga el intestino grueso y delgado hasta cerca de la flexura izquierda del colon.

La **a.mesentérica inferior,** 3.ª arteria visceral impar ventral de la aorta abdominal sale en la región lumbar inferior y se dirige hacia el intestino grueso restante.

b) Troncos venosos de la circulación corporal

La sangre procedente de la circulación corporal fluye por la *vena cava superior* e *inferior* a la *aurícula derecha del corazón* —exceptuando la sangre de la pared del corazón, que es directamente conducida a la aurícula derecha (seno coronario). Las venas cavas reciben aflujo sanguíneo de la cabeza, extremidades y vísceras. La sangre de la pared torácica (procedente de la zona de irrigación de las arterias de la pared torácica segmentarias pares) es conducida a las venas cavas por mediación de dos grandes anastomosis longitudinales, *v.ácigos* y *v.hemiácigos.*

Vena cava superior

La *vena cava superior* tiene una longitud de 5-6 cm y se encuentra en la cavidad torácica detrás del esternón, a la derecha, junto a la aorta ascendente (fig. **27, 28**). La v.cava superior se origina a nivel del extremo ante-

---

1 *V.cava superior*
2 Desembocadura de la v.ácigos
3 V.braquiocefálica derecha
4 V.subclavia derecha
5 V.yugular interna derecha
6 V.yugular externa derecha
7 V.tiroidea inferior derecha
8 V.braquiocefálica izquierda
9 "Angulo venoso", desembocadura del conducto torácico
10 *V.cava inferior*
11 Vv.hepáticas
12 V.renal izquierda
13 V.testicular (ovárica) izquierda
14 Vv.lumbares izquierdas
15 V.ilíaca común izquierda
16 V.ilíaca externa izquierda
17 V.ilíaca interna izquierda
18 V.sacra media
19 V.testicular (ovárica) derecha
20 *V.lumbar ascendente* derecha
21 *V.ácigos* con vv.intercostales posteriores
22 V.hemiácigos
23 V.hemiácigos accesoria con vv.intercostales posteriores
24 Bifurcación traqueal
25 Bifurcación aórtica
26 Riñón
27 Suprarrenal

►

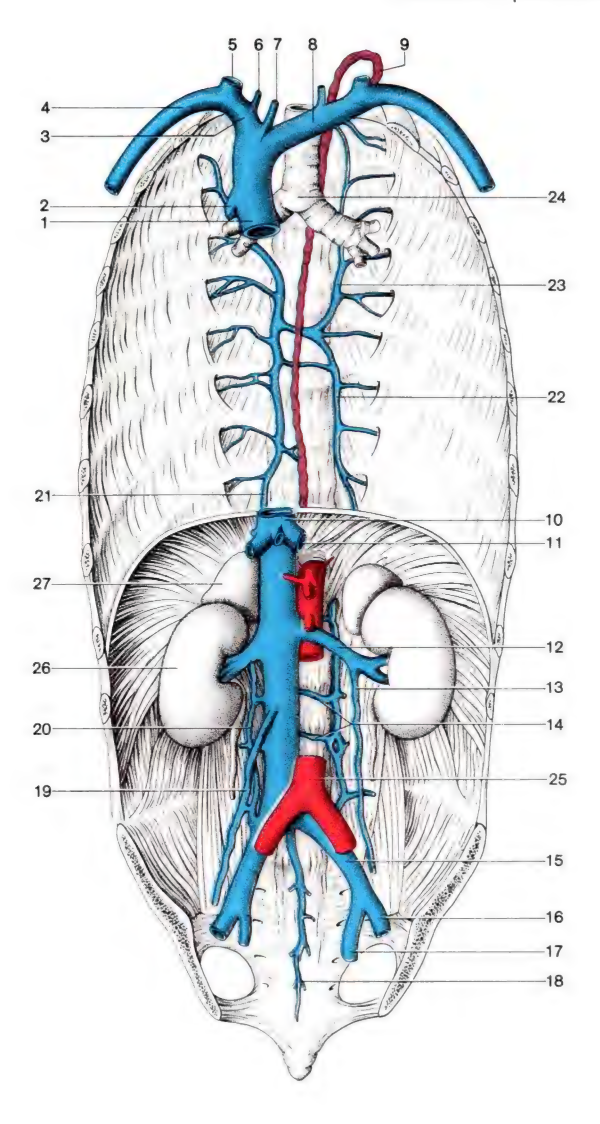


Fig. 27. **Troncos venosos y sus afluentes.**

rior del primer espacio intercostal a partir de sus dos raíces venosas. *Afluentes directos* de la v.cava superior son las *vv.braquiocefálicas* y la *v.ácigos*.

La **v.braquiocefálica izquierda** y la **v.braquiocefálica derecha** forman las dos potentes raíces venosas de la v.cava superior. Puesto que ésta se encuentra a la derecha del plano medio, la v.braquiocefálica izquierda es más larga que la derecha. Cada vena braquiocefálica se origina por la conjunción de la *v.yugular interna* y de la *v.subclavia*, que forman aquí el "ángulo venoso". La vena yugular interna lleva sangre de la cabeza y cuello, la v.subclavia del hombro y del brazo. En cada uno de los dos ángulos venosos desemboca un gran *tronco linfático* al sistema venoso: a la izquierda el *conducto torácico* y a la derecha el *conducto linfático derecho*.

La **vena ácigos** desemboca aproximadamente a media altura en la vena cava superior, cruzando de la parte dorsal a la ventral el hilio pulmonar derecho.

Vena cava inferior

La *vena cava inferior*, situada en la cavidad abdominal a la derecha de la columna vertebral y en el borde posterior del hígado, se origina a la altura

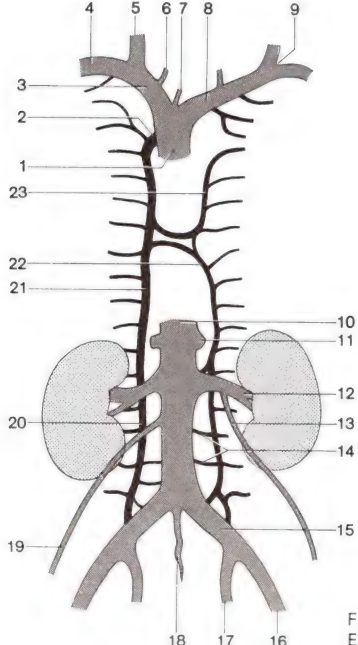


Fig. 28. **Troncos venosos y sus afluentes.** Explicación de las anotaciones en fig. 27.

de la 5.ª vértebra lumbar a partir de sus dos raíces venosas (fig. **27** y **28**). Discurre a la derecha de la aorta hacia el centro (centro tendinoso) del diafragma y pasa a través de éste a la aurícula derecha del corazón. Los *afluentes directos* de la vena inferior vienen de la pared torácica y de las vísceras abdominales y pélvicas.
La **v.ilíaca común derecha** y la **v.ilíaca común izquierda** forman las dos grandes raíces de la vena cava inferior. La unión tiene lugar a la derecha de la bifurcación aórtica, con lo que la v.ilíaca común cruza por debajo a la a.ilíaca común.

Afluentes de la pared torácica de la vena cava inferior

La **v.sacra media**, situada delante del sacro, desemboca en la vena ilíaca común izquierda o (más raramente) en la conjunción de ambas vv.ilíacas comunes. Las vv.lumbares III y IV desembocan casi siempre directamente en la vena cava inferior, en cambio las dos primeras venas lumbares lo hacen en la *v.lumbar ascendente*, mientras que la vena lumbar V se dirige a la *v.ilíaca común.*
Las vv.frénicas inferiores proceden del diafragma.

Afluentes viscerales pares de la vena cava inferior

La **v.renal**, procedente del riñón, desemboca en ambos lados, aproximadamente a la altura de la 1.ª vértebra lumbar. La v.renal izquierda es más larga que la derecha y cruza casi siempre ventralmente desde la aorta hacia la derecha hasta la vena cava inferior.
La **v.testicular (u ovárica) derecha** procedente de la gónada derecha desemboca aproximadamente debajo de la vena renal derecha en la vena cava inferior. La *v.testicular (u ovárica) izquierda* de la gónada izquierda desemboca por el contrario en la v.renal izquierda.
La **v.suprarrenal derecha**, única vena de la suprarrenal derecha, desemboca directamente en la v.cava inferior; la *v.suprarrenal izquierda*, en cambio, desemboca en la vena renal izquierda.

Afluentes viscerales impares de la vena cava inferior

Las **vv.hepáticas**, tres o más vasos, desembocan inmediatamente por debajo del diafragma después de un trayecto muy corto en el parénquima hepático en la vena cava inferior. La sangre del hígado procede en su mayor parte de los órganos abdominales impares y es conducida al hígado por la vena porta.
La **v.porta** recibe la sangre de los órganos abdominales impares a través de tres grandes raíces venosas: por la *v.esplénica* del bazo, por la *v.mesentérica inferior*, que casi siempre desemboca en la v.esplénica, del intestino grueso de la porción distal a la flexura izquierda del colon, y por la *v.mesentérica superior*, del intestino delgado y grueso hasta la flexura izquier-

da del colon. Otros afluentes de la v.porta vienen del estómago y de la vesícula biliar.

Vena ácigos y vena hemiácigos

La **v.ácigos** y la **v.hemiácigos**, dos venas del espesor aproximado de un lápiz, de trayecto longitudinal en la cara anterior de la columna vertebral (fig. **28**, cf. fig. **27**), comienzan en la región lumbar como **v.lumbar ascendente**. Esta está en conexión con la *v.ilíaca común*. Vena radical de la v.cava inferior. La v.lumbar ascendente *izquierda*, después de atravesar el origen diafragmático lumbar se convierte en *v.hemiácigos*, y la *derecha* en *v.ácigos*. La v.hemiácigos se dirige a la altura de la 8.ª-10.ª vértebra torácica, casi siempre por detrás de la aorta, hacia la derecha y desemboca en la *v.ácigos*. Esta, después de pasar sobre el pedículo pulmonar derecho en dirección ventral, desemboca finalmente en la v.cava superior. La dirección originaria de la v.hemiácigos es continuada en sentido craneal por la **v.hemiácigos accesoria**, que frecuentemente se une con la v.braquiocefálica izquierda. La v.ácigos y la v.hemiácigos constituyen, pues, una vía colateral a la vena cava superior e inferior.
Afluentes directos los reciben la v.ácigos y hemiácigos de la pared torácica y de las vísceras torácicas.

Afluentes de la pared del tronco de la v.ácigos y la v.hemiácigos

Las **vv.lumbares I y II** desembocan todavía por debajo del diafragma en la vena lumbar ascendente.
Las **vv.intercostales posteriores** vienen de los espacios intercostales.

Toda vena intercostal recibe aflujos a través de
– la *rama dorsal* de la musculatura y la piel del dorso,
– la *v.intervertebral* del canal vertebral y la rama espinal de la medula espinal y meninges correspondientes.

Afluentes viscerales de las venas ácigos y hemiácigos

Rr.esofágicas, llevan sangre del esófago.
Rr.bronquiales, de los bronquios principales y de la región del hilio pulmonar.

c) Troncos arteriales de la circulación pulmonar

Tronco pulmonar

El **tronco pulmonar** sale del ventrículo derecho del corazón (fig. **18**) y asciende por delante de la aorta ascendente situándose a la izquierda del arco aórtico; aquí se divide el tronco pulmonar en las dos arterias pulmonares.

La **a.pulmonar derecha** se dirige casi en ángulo recto por debajo del cayado de la aorta al pulmón derecho.
La **a.pulmonar izquierda** continúa inicialmente la dirección del tronco pulmonar por delante de la aorta ascendente, y llega al pulmón izquierdo. Cerca de la zona de división del tronco pulmonar, la arteria pulmonar izquierda está unida a la cara inferior del arco aórtico por el *lig.arterioso*, resto de tejido conjuntivo del *conducto arterioso* (de Botal) fetal.

d) Troncos venosos de la circulación pulmonar

Venas pulmonares

Las **vv.pulmonares**, en cada lado casi siempre dos venas pulmonares, salen del hilio pulmonar y van a la aurícula izquierda del corazón (fig. **18**).

e) Troncos vasculares linfáticos de la circulación corporal

Conducto torácico

El **conducto torácico**, el tronco linfático de mayor tamaño del cuerpo, tiene el grosor aproximado de un lápiz y procede frecuentemente de una dilatación, la *cisterna quilosa* (fig. **29**), que se encuentra detrás de la aorta a la altura de la 1.ª vértebra lumbar delante de la columna vertebral. El conducto torácico desemboca en el "ángulo venoso" izquierdo. Una válvula evita aquí el reflujo de sangre al conducto torácico.

Con frecuencia el conducto torácico es doble en algunos trechos, más raramente múltiple. En caso de que sea doble en toda su longitud, el tronco derecho desemboca en el ángulo venoso derecho. La cisterna quilosa es variable, con frecuencia está desarrollada incompletamente.

El conducto torácico recibe afluentes directos de la mitad inferior del cuerpo y de la parte izquierda de la mitad superior del cuerpo (cabeza, cuello y pared abdominal, así como vísceras torácicas).
Los **troncos lumbares derecho e izquierdo**, que discurren a lo largo de la a. y la v.ilíaca común y la aorta, conducen linfa de la pierna y la pelvis hasta la cisterna quilosa o al conducto torácico.
El **tronco intestinal** trae linfa del territorio correspondiente a la a.mesentérica superior e inferior, es un afluente visceral (casi siempre) impar de la cisterna quilosa.
Vasos linfáticos intercostales procedentes de los espacios intercostales llegan hasta el conducto torácico.
Poco antes de la desembocadura en el ángulo venoso izquierdo el *conducto torácico* recoge los siguientes troncos linfáticos de la mitad superior del cuerpo, que, frecuentemente, también pueden desembocar directamente en el ángulo venoso:

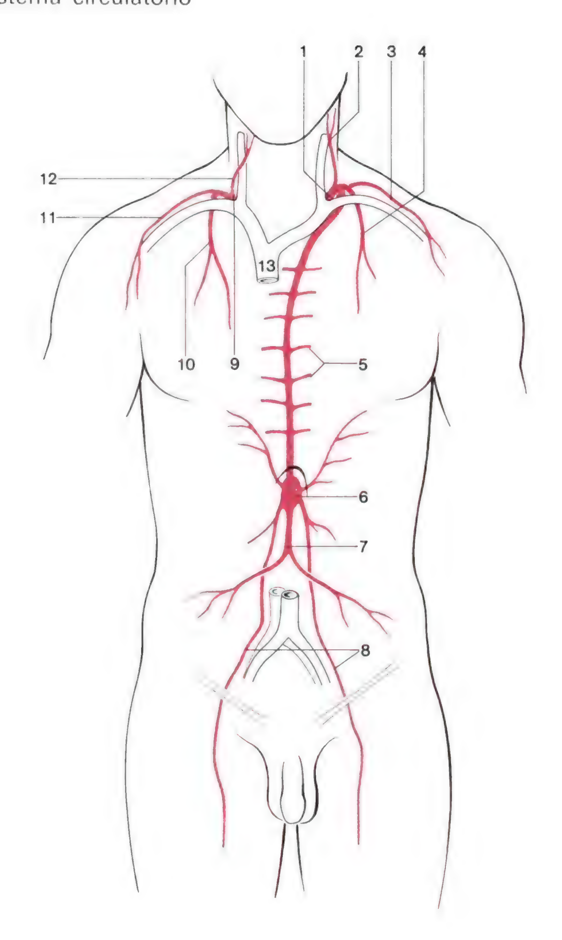


Fig. 29. **Troncos linfáticos y sus afluentes.**

1 *Conducto torácico* (desembocadura en el "ángulo venoso" izquierdo)
2 Tronco yugular izquierdo
3 Tronco subclavio izquierdo
4 Tronco broncomediastínico izquierdo
5 Vasos linfáticos intercostales
6 Cisterna quilosa
7 Tronco intestinal
8 Troncos lumbares
9 *Conducto linfático derecho* (desembocadura en el "ángulo venoso" derecho)
10 Tronco broncomediastínico derecho
11 Tronco subclavio derecho
12 Tronco yugular derecho
13 V.cava superior

El **tronco yugular izquierdo** conduce linfa procedente de la mitad izquierda de la cabeza y cara; discurre con la v.yugular interna.
El **tronco broncomediastínico izquierdo**, situado en el tórax cerca de la columna vertebral, conduce linfa del pulmón izquierdo (y derecho), de la mitad izquierda del mediastino y del hemitórax izquierdo.
El **tronco subclavio izquierdo** conduce linfa del brazo izquierdo, discurre con la v.subclavia.

Conducto linfático derecho

El **conducto linfático derecho**, un tronco corto de apenas 1 cm de longitud, conduce linfa procedente de la parte superior del hígado y del lado derecho de la mitad superior del cuerpo —de vísceras torácicas del lado derecho, de la mitad derecha del tórax y del mediastino, del brazo derecho y lado derecho de cabeza —cuello— hacia el ángulo venoso derecho (fig. **29**).
Los *afluentes directos* del conducto linfático derecho —un *conducto torácico derecho* "involucionado" debido al desarrollo asimétrico del sistema vascular linfático humano— corresponden a los del conducto torácico procedentes de la mitad superior del cuerpo; también pueden desembocar directamente en el ángulo venoso derecho o en la vena subclavia derecha.
El **tronco yugular derecho** proviene del lado derecho de cabeza y cuello.
El **tronco subclavio derecho** del brazo derecho.
El **tronco broncomediastínico derecho** del pulmón derecho, del hemitórax derecho y de la mitad derecha del mediastino.

f) Troncos vasculares linfáticos de la circulación pulmonar

Los troncos vasculares linfáticos directos salen del pulmón por el hilio pulmonar y el ligamento pulmonar, el "mesoneumo", a los troncos broncomediastínicos derecho e izquierdo.

C. Sangre y hemopoyesis

1. Sangre

La *sangre* posee funciones diversas. Sirve para el *transporte de oxígeno y sustancias nutritivas,* la *eliminación de residuos metabólicos y anhídrido carbónico,* el *mantenimiento del medio interno* de los tejidos, y el *transporte de calor,* así como el *transporte de hormonas, anticuerpos y células defensivas.*
Componentes formes y amorfos de la sangre. El total de sangre circulante tiene un volumen de aproximadamente 5,6 l (aprox. 8 % del total del peso

corporal). Alrededor del *56 % del volumen sanguíneo* está constituido por el componente líquido, *amorfo*, el *plasma*, que en más de un 90 % consiste en agua, y en un 7-8 % en proteínas plasmáticas. En el plasma se transportan, entre otras cosas, sustancias nutritivas, hormonas, sustancias de defensa, y, en pequeña cantidad, también gases respiratorios. El plasma sanguíneo es coagulable. El *44 % restante del volumen sanguíneo* está formado por los *componentes formes:* hematíes y leucocitos, así como plaquetas (tomo 3: Histología; sangre).

a) Eritrocitos o glóbulos rojos

Los glóbulos rojos, *eritrocitos*, sirven para el *transporte de gas*, lo cual es posible gracias a su pigmento rojo, la *hemoglobina*; su función la llevan a cabo dentro de los vasos sanguíneos en la sangre circulante. Más del 90 % del residuo seco consiste en hemoglobina. Los eritrocitos tienen una vida media de 3 meses aproximadamente.

Los *reticulocitos* son eritrocitos no madurados totalmente, que todavía poseen un pequeño contenido en ergastoplasma reticular que se tiñe con colorantes básicos. En la sangre normal, 5-15 $^0/_{00}$ de los glóbulos rojos son reticulocitos. Un aumento notable de la cifra de reticulocitos indica la invasión de células inmaduras en caso de necesidad urgente, por ejemplo después de hemorragias.

b) Leucocitos o glóbulos blancos

Los *leucocitos* son representantes del sistema defensivo. Los leucocitos llevan a cabo su misión por *fuera* de los vasos sanguíneos, en el tejido conjuntivo. Los leucocitos de la sangre circulante están en su mayor parte en el camino entre los lugares de formación y los lugares de actuación; circulan "según demanda". Entre los leucocitos se incluyen granulocitos, monocitos y linfocitos (tomo 3: Histología; células blancas de la sangre). Los **granulocitos**, según la diferente capacidad de tinción de sus gránulos, se dividen en granulocitos *neutrófilos, eosinófilos* y *basófilos*. Las tres modalidades de granulocitos tienen misiones distintas.

Los **granulocitos neutrófilos** son como células devoradoras o fagocitarias, *fagocitos*, los representantes del sistema defensivo inespecífico; fagocitan las pequeñas partículas que han penetrado en el cuerpo, por ejemplo bacterias, y por ello se denominan también "micrófagos".
Los **granulocitos eosinófilos**, igualmente *fagocitos*, están especializados en la fagocitosis y destrucción de productos del *sistema defensivo específico*, y además pueden inactivar la histamina y con ello pueden constituirse en antagonistas de las células cebadas del tejido conjuntivo (tomo 3: Histología; células cebadas).
Los **granulocitos basófilos** no son fagocitos, forman la *heparina* que es antagonista de la coagulación sanguínea, y, en caso de estímulos correspondientes, liberan histamina.

Los **monocitos, "macrófagos de la sangre"** —células de movimiento ameboide— fagocitan también partículas de mayor tamaño. Recientemente se

vuelve a plantear la duda de si las células que se encuentran en el tejido conjuntivo como *histiocitos, "macrófagos de los tejidos"*, son idénticos a los monocitos. Los monocitos son células de vida corta. Entre los macrófagos se cuentan además las *células estrelladas de Kupffer* de los capilares hepáticos y otras *células endoteliales fagocitarias.* Los macrófagos en conjunto constituyen el *sistema reticuloendotelial* o *sistema reticulohistiocitario*, SRE o SRH (tomo 3: Histología: Macrófagos/SRE-SRH). Los macrófagos intervienen también en el *sistema defensivo específico.*
Los **linfocitos** de la sangre circulante no constituyen una población celular unitaria; son células del *sistema defensivo específico* de carácter variable y con diversas potencias.

c) Trombocitos o plaquetas de la sangre

Los **trombocitos** sirven para la *coagulación de la sangre.* Cuando se destruyen liberan un enzima que conduce a la coagulación, la *tromboquinasa.*

d) Relaciones numéricas

Un mm^3 de sangre contiene *4,5-5 millones de eritrocitos* y *4000-8000 leucocitos*, así como aproximadamente *250 000 trombocitos.* Los *leucocitos* están en una proporción numérica entre sí prácticamente constante, lo que se expresa en el *cuadro hemático diferencial.*

Cuadro hemático diferencial

Granulocitos:	neutrófilos	55 – 68 %
	eosinófilos	2,5 – 3 %
	basófilos	0,5 – 1 %
	núcleos en cayado	2 – 3 %
Monocitos		4 – 5 %
Linfocitos		20 – 36 %

Como quiera que el número de eritrocitos depende de las necesidades de oxígeno del cuerpo y de la oferta de oxígeno, puede aumentar por el trabajo corporal intenso o mediante la estancia de varios días en grandes alturas (alta montaña). Un aumento patológico del número de eritrocitos se llama *poliglobulia*, y una disminución *anemia.*
Un aumento, *leucocitosis*, o una disminución, *leucopenia*, o *agranulocitosis*, de la cantidad total de leucocitos o/y una alteración de la composición porcentual señala una modificación de la situación de defensa.

2. Hematopoyesis

La *hematopoyesis embrionaria* y *fetal* tiene lugar en parte en distintas localizaciones que la hematopoyesis postnatal, la cual se inicia hacia fina-

les del desarrollo fetal (tomo 3: Histología; hematopoyesis pre y postnatal). Se distinguen los cuatro períodos siguientes en la hematopoyesis (fig. **30**):

a) Hematopoyesis prenatal

El **período megaloblástico** comienza en el *tejido conjuntivo embrionario* de la vesícula blastodérmica y el pedículo ventral (fig. **30a**), afecta al tejido conjuntivo del embrión y origina "eritrocitos" grandes y nucleados, los *megaloblastos.* Dura hasta finales del 2.º mes.
Como **período hepatolienal** se denomina la hematopoyesis comprendida entre finales del 2.º hasta el 8.º mes (punto máximo, comienzo del 4.º mes) en el hígado y bazo (fig. **30b**). Son formados únicamente eritrocitos anucleados, así como granulocitos, y finalmente también linfocitos.
El **período medular** tiene lugar en la *medula ósea.* Comienza en el 5.º mes y es continuado por la *hematopoyesis mieloide postnatal.*

b) Hematopoyesis postnatal

La *hematopoyesis postnatal* (fig. **30c**) tiene lugar en la *medula ósea roja (hematopoyesis mieloide)*, que inicialmente existe en todos los huesos, pero que al final del crecimiento progresivamente se limita a los *huesos cortos y planos*, así como a las *epífisis de los huesos tubulares largos*, y el resto es sustituido por medula ósea amarilla, grasa (→medula ósea). No obstante, de los *linfocitos* únicamente los linfoblastos son formados en la medula ósea, los otros derivados linfocíticos se forman en los *órganos linfáticos* (tomo 3: Histología; linfopoyesis).
Las *células sanguíneas blancas* y *rojas* se originan en la medula ósea a partir (probablemente) de células *primitivas* unitarias a través de varios grados intermedios (tomo 3: Histología; medula ósea).

Los linfocitos, después de su formación, sufren todavía ulteriores modificaciones en relación con los procesos referentes a la defensa específica.

Los *trombocitos* son divisiones (anucleadas) del cuerpo celular de *células gigantes de la medula ósea* (tomo 3: Histología; plaquetas).

Mediante tóxicos mitósicos (citostáticos) y radiaciones Röntgen, utilizados en la terapia anticancerosa, se afectan también las zonas hematopoyéticas con actividad mitósica.

D. Sistemas defensivos del organismo

Los *portadores de la actividad defensiva* del organismo, que se dirige contra los gérmenes patógenos y sustancias extrañas procedentes del exterior, así como contra las derivaciones genéticas de las células del propio organismo, son los *leucocitos* (glóbulos blancos). Ejercen su función preferen-

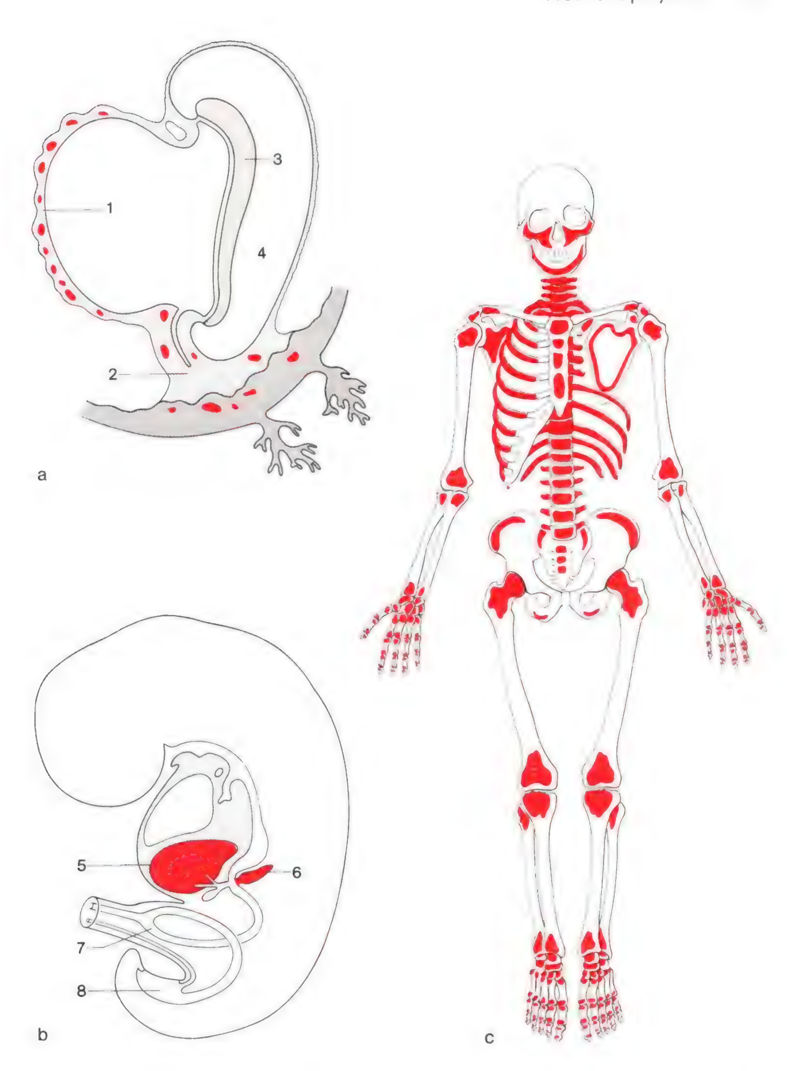


Fig. 30. **Hematopoyesis prenatal y postnatal.**
a Hematopoyesis megaloblástica (embrión, final de la 3.ª semana, según STARCK)
b Hematopoyesis hepatolienal (embrión, 6.ª semana)
c Hematopoyesis postnatal en el adulto (según ROHR)

1 Vesícula vitelina
2 Pedículo embrionario
3 Disco embrionario
4 Cavidad amniótica
5 Hígado
6 Bazo
7 Asa intestinal primaria
8 Cloaca

temente en el *tejido conjuntivo laxo intersticial* y *reticular* (tomo 3: Histología; células libres del tejido conjuntivo, sistemas defensivos del organismo).

1. Sistema defensivo inespecífico

Las células del *sistema defensivo inespecífico* convierten transitoriamente en apatógenos a los gérmenes patológicos (cuerpos extraños) mediante fagocitosis y destrucción intracelular enzimática. En el sistema defensivo inespecífico intervienen dos tipos de células, *micrófagos* y *macrófagos*. El "**sistema de los micrófagos**" es representado por los *granulocitos neutrófilos*. Estos fagocitan –atraídos por gérmenes patológicos y sustancias del catabolismo celular– las más pequeñas partículas. En la fagocitosis perecen los granulocitos y se originan *corpúsculos de pus*. Los enzimas liberados producen el reblandecimiento del infiltrado inflamatorio (¡absceso!).
En el "**sistema de los macrófagos**", **SRE-SRH**, los *monocitos, endotelios fagocitarios* (¡hígado!) y *macrófagos del tejido conjuntivo*, almacenan partículas extrañas (mayores). Seguidamente los macrófagos son en parte arrastrados por la corriente sanguínea y eliminados por ejemplo en los alvéolos pulmonares y en parte pueden –después de la fagocitosis de partículas que atañen al sistema defensivo específico– proporcionar una información antigénica que pone en marcha el sistema defensivo específico.

2. Sistema defensivo específico

El *sistema defensivo específico, sistema inmunitario*, es el sistema de las células inmuno competentes (→ inmunocitos, células plasmáticas). El sistema inmunitario actúa de manera más diferenciada y para ello precisa un período temporal más prolongado. Sitúa al organismo en condiciones de distinguir a largo plazo las sustancias propias del cuerpo de determinadas sustancias extrañas, los antígenos (gérmenes patológicos, proteínas y asociaciones proteínicas extrañas) y formar contra ellas, sustancias defensivas, *anticuerpos; cada antígeno origina un anticuerpo específico (antigenohomológico)*, que durante largo tiempo, incluso decenios, puede ser formado en el cuerpo y presta a éste *inmunidad contra el antígeno*. La defensa específica reside en que en una *reacción antígeno-anticuerpo*, el antígeno es (químicamente) fijado y transformado en apatógeno (tomo 3: Histología; sistema defensivo específico). Como antígeno pueden también actuar proteínas corporales propias que se han hecho extrañas por acciones químicas externas o por lesiones génicas; de esta manera el sistema inmunitario ejerce una *función de control génico*.
Inmunidad celular y humoral. Los anticuerpos son siempre transportados por células-*linfocitos* o *derivados linfocíticos* caracterizados de manera específica. No obstante, los anticuerpos pueden en un caso ser *cedidos a*

la sangre, y en otro caso pueden ser *fijados a la superficie de la célula* y permanecer constantes. Por ello se distingue la *inmunidad celular* y la *humoral.*

En la *vacunación activa* se transmiten antígenos atenuados que producen una inmunidad completa (= inmunización activa). En la *vacunación pasiva*, por el contrario, se administran anticuerpos (humorales) que fueron antes provocados en otro organismo (= inmunización pasiva); como que los anticuerpos en la inmunización pasiva se desintegran con rapidez, pero no se forman de nuevo, persiste sólo poco tiempo.

El *sistema defensivo específico* es el "*sistema de las células inmunológicamente competentes*", de los *inmunocitos*, que se cuentan entre los linfocitos, así como de las *células plasmáticas*, que proceden de los linfocitos (tomo 3: Histología; células plasmáticas). El sistema inmunitario específico se forma en el 3.º-5.º mes fetal y está predominantemente localizado en los órganos linfáticos.

a) Organos linfáticos

Los órganos linfáticos (fig. **31**) son el *timo* (situado detrás del esternón, encima del corazón), las *tonsilas* (amígdalas, en la entrada a la faringe), los *ganglios linfáticos*, el *bazo* (en el hipocondrio izquierdo) y los *componentes linfáticos de las mucosas.* Se destacan microscópicamente como productores de linfocitos por su masivo contenido de linfocitos.
De entre todos los órganos linfáticos, el *timo* ocupa un lugar especial puesto que sin su colaboración no puede establecerse una inmunidad (celular). Esta posición especial se hace patente, entre otras cosas, por la circunstancia de que en el timo falta el folículo linfoide, estructura característica para los restantes órganos linfáticos (tomo 3: Histología; timo).
Todos los demás órganos linfáticos tienen en común lo siguiente: El tejido conjuntivo de los órganos linfáticos es *tejido conjuntivo reticular*, un armazón celular de estructura alveolar, que es fortalecido por finísimas fibras de tejido conjuntivo, fibras de reticulina (tomo 3: Histología; tejido conjuntivo reticular). Los *linfocitos* se colocan en las mallas del tejido conjuntivo reticular, preferentemente en *cordones* y *folículos linfáticos.*

Los folículos linfáticos son formaciones esféricas visibles aún macroscópicamente. Se presentan aislados casi en todas las mucosas: *folículos linfáticos solitarios.* En acúmulos, como folículos linfáticos congregados, se presentan especialmente en la mucosa del intestino delgado inferior y del apéndice, donde pueden formar placas de varios cm de longitud. También en los ganglios linfáticos, amígdalas y bazo los folículos linfáticos poseen el carácter de folículos linfáticos congregados. En el aspecto de los folículos linfáticos se refleja su participación en los *procesos inmunitarios espe-*

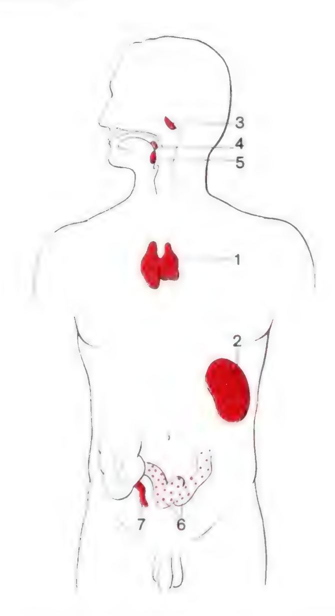


Fig. 31. **Organos linfáticos** (exceptuando los ganglios linfáticos).

1 *Organo superior:* timo
2 *Organo central en la circulación sanguínea:* bazo
3-5 *Organos en la zona superior del tubo digestivo*
3 Amígdala faríngea
4 Amígdalas palatinas
5 Amígdala lingual
6,7 *Organos en la zona inferior del intestino*
6 Folículos linfáticos acumulados en la mucosa del ilion
7 Apéndice vermiforme

cíficos: de los *folículos primarios* se originan los *folículos secundarios* (tomo 3: Histología; órganos linfáticos).
Los *vasos linfáticos* conducen linfa y linfocitos *procedentes* del tejido reticular de los órganos linfáticos. Los *ganglios linfáticos* poseen además vasos linfáticos *aferentes*. Los vasos sanguíneos sirven, además, a la nutrición de los órganos linfáticos, así como a la recirculación linfocitaria.

Recirculación linfocitaria: Los linfocitos que han llegado a la sangre por el trayecto linfático permanecen allí menos de un día y luego pasan de nuevo, a través de la pared de las venas postcapilares, a los órganos linfáticos, para posteriormente ser diluidos de nuevo con la linfa en la sangre. En los *órganos linfáticos* se encuentran aproximadamente el 98 % de todos los linfocitos.

Los *órganos linfáticos*, a excepción del órgano superior timo, como representantes del sistema defensivo específico, están localizados *en las zonas de peligro, en las puertas de entrada de los gérmenes patológicos*. A partir

de estos lugares, en caso de peligro, el sistema defensivo específico puede ser "alertado" precozmente.
Las **amígdalas**, *tonsilas*, representan el sistema defensivo específico como guardián en la entrada de la vía respiratoria y digestiva en el cuerpo (tomo 3: Histología; amígdalas).
El **tejido linfático del intestino**, especialmente los *folículos linfáticos agregados* del intestino delgado inferior, protegen frente a gérmenes patológicos en aquel tramo de intestino en el que ya no actúa el ácido clorhídrico del estómago como bactericida (tomo 3: Histología; folículos linfáticos de las mucosas).
Los **ganglios linfáticos**, o nódulos linfáticos, como filtros biológicos están intercalados en las vías linfáticas procedentes de superficies corporales externas e internas; "controlan" la linfa procedente de la periferia (tomo 3: Histología; ganglios linfáticos).
El **bazo** se distingue de los ganglios linfáticos, las tonsilas y el tejido linfático del intestino por sus íntimas relaciones con los vasos sanguíneos; el bazo está intercalado en la corriente sanguínea como los ganglios linfáticos en la corriente linfática; "controla" la sangre como último "baluarte". Además de ello, el bazo posee aún una influencia adicional en la *composición de la sangre.* Puede *acumular productos metabólicos* alterados (enfermedades por almacenamiento), interviene en la *destrucción de las células sanguíneas* y, en caso de insuficiencia de la medula ósea, puede reemprender de nuevo la hematopoyesis existente en la vida fetal. Por tal motivo, el bazo tiene un gran interés para el patólogo (tomo 3: Histología; bazo).

b) Desarrollo del sistema defensivo específico

Los procesos siguientes conducen al desarrollo funcional del sistema defensivo específico bilateral.
Linfocitos T. Una cantidad de los linfocitos formados en la medula ósea es diluida en el *timo* a través de la vía sanguínea. En el timo, donde se multiplican, los linfocitos se "caracterizan" de manera mal conocida, y dentro de la defensa específica forman futuros *anticuerpos celulares constantes (receptores).* Los *linfocitos T (dependientes del timo)* —ahora inmunocompetentes—, futuros portadores de la *inmunidad celular*, emigran y ocupan seguidamente zonas circunscritas de los órganos linfáticos.
Linfocitos B. Otro grupo de linfocitos, inmediatamente después de su formación en la medula ósea son convertidos en células que en el futuro segregan *anticuerpos humorales.* El lugar de esta transformación no es conocido en el hombre, pero en las aves el proceso tiene lugar en la bolsa de Fabricio, una evaginación de la cloaca. En consideración a esta circunstancia se denomina a estas células —ahora inmunocompetentes— *linfocitos B* (dependientes de la bolsa); son futuras portadoras de la inmunidad humoral. Se sitúan igualmente en zonas circunscritas de los órganos linfáticos (¡no del timo!).

c) Defensa específica

La defensa específica, *reacción inmunológica* (según exploraciones sobre origen y persistencia de proteínas marcadas radioactivamente y asociaciones antígeno-anticuerpo) transcurre según los siguientes pasos (tomo 3: Histología; curso de la reacción inmunológica) (tabla **1**).

Señal antigénica. De los **antígenos** (gérmenes patológicos, proteína extraña, proteína propia "degenerada") sale una *señal antigénica* (química), que puede alcanzar los linfocitos inmunocompetentes por *dos* caminos. Puede ser fagocitada por *macrófagos* y ser transformada en una *"información antigénica"* (química reforzada) que, segregada por los macrófagos, seguidamente faculta a los linfocitos inmunocompetentes para formar anticuerpos (= *receptor de macrófagos*). Pero la "señal antigénica puede ser también identificada por los linfocitos inmunocompetentes con ayuda de su membrana celular e impulsar a los linfocitos a la formación de anticuerpos (= *receptor de linfocitos*).

Formación de anticuerpos. Los linfocitos inmunocompetentes así informados, forman *anticuerpos*, con lo que transitoriamente se transforman en células grandes y redondas, los *inmunoblastos*.

Los *linfocitos T* se transforman seguidamente en **inmunocitos**, portadores de la *inmunidad celular*. Intervienen, entre otras cosas, en el rechazo de trasplantes de tejido extraño.

De los *linfocitos B* se originan **células plasmáticas**, productoras de la *inmunidad humoral* (tomo 3: Histología; células plasmáticas).

Reidentificación del antígeno. Un número de linfocitos T o B adquiere la cualidad de *"reidentificar" al antígeno* correspondiente en caso de *producirse un nuevo contacto*. Las células se llaman *"memory cells" (células de memoria)*. Cuando se produce un nuevo contacto con su antígeno (*"reacción secundaria"*) reaccionan de manera rápida e intensa con una nueva formación de anticuerpos —las células de memoria originadas de linfocitos B lo hacen más rápidamente (en minutos) que las procedentes de linfocitos T (en días).

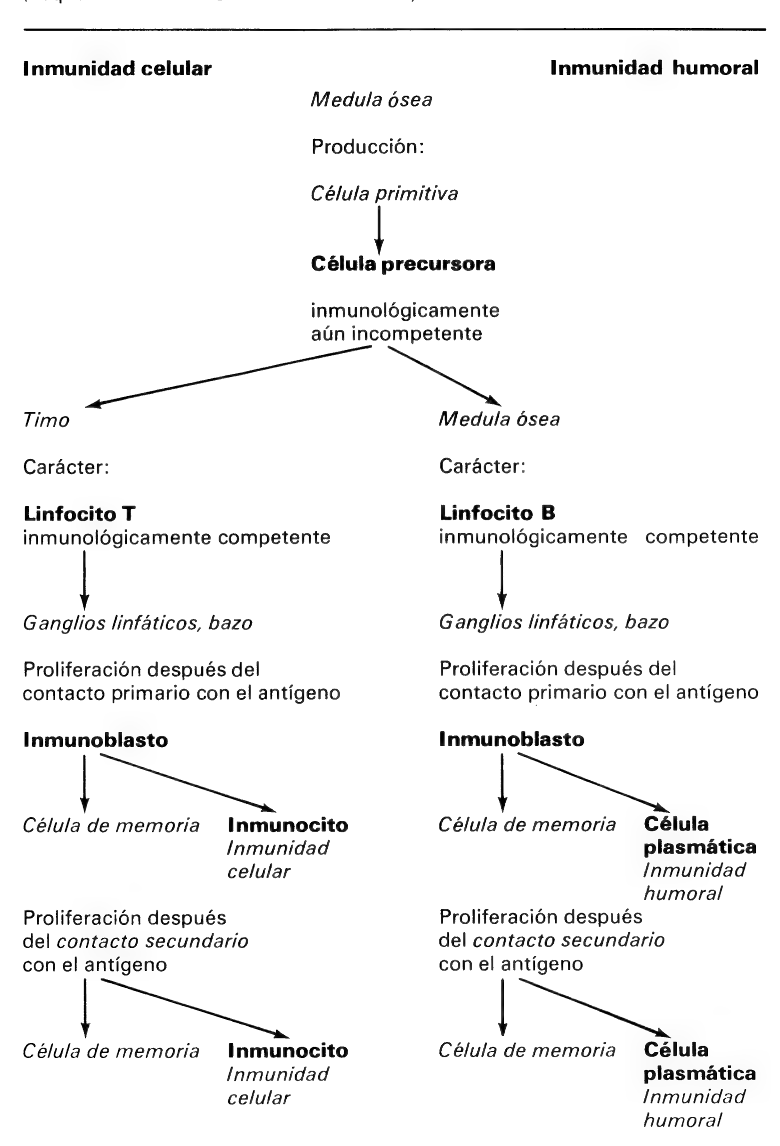
En la supresión del complejo antígeno-anticuerpo que se origina intervienen como fagocitos los *granulocitos eosinófilos*.

La emigración de inmunocitos (linfocitos) de los vasos sanguíneos, *diapédesis leucocitaria*, es favorecida por las *células cebadas* del tejido conjuntivo, que liberan histamina vasodilatadora (tomo 3: Histología; células cebadas).

Para el trasplante de órganos y en la prótesis dentaria deben ser utilizados metales y materiales plásticos que carezcan de naturaleza antigénica y que no sean capaces de convertir la proteína corporal propia en antígeno.

Una reacción de defensa específica excesiva se denomina *alergia* o *anafilaxia*. En las *enfermedades por autoagresión* el sistema defensivo específico se dirige contra órganos o tejidos del propio cuerpo. Por medio de la inmunosupresión (mediante citostáticos químicos, radiaciones Röntgen, extracción de linfocitos, administración de cortisona) puede reducirse la respuesta inmunitaria celular.

Tabla **1.** Duplicidad de vías del sistema inmunitario
(Esquema: H. K. MÜLLER-HERMELINK)



IV. Mucosas y membranas serosas de las vísceras

Las **vísceras**, desde un punto de vista *funcional*, son los *sistemas orgánicos del aparato metabólico y genital*, que son estructurados a partir de los "órganos internos".

Del *sistema circulatorio* se consideran usualmente como vísceras sólo los grandes órganos, por ejemplo corazón y bazo, en cambio los vasos periféricos, junto con los nervios periféricos, se agrupan como vías conductoras periféricas y son separadas de las vísceras.

En lo referente a la *situación* de las vísceras en las cavidades corporales, se distinguen vísceras de la *cabeza, cuello, tórax, abdomen* y *pelvis.*

Los *órganos genitales externos* se incluyen entre las vísceras pélvicas.

Componentes tisulares. En la constitución anatómica de las vísceras intervienen los tejidos *epitelial, conjuntivo* y *nervioso* (tomo 3: Histología; tejidos).
El **tejido epitelial** cubre las superficies *internas* y, siempre y cuando las vísceras no estén alojadas en tejido conjuntivo, las *superficies externas* de los órganos internos. En numerosas vísceras (p. ej., en el hígado, en todas las glándulas) la parte de actividad *específica* está formada por tejido epitelial. Se denomina *parénquima* el *tejido orgánico específico* en oposición al tejido conjuntivo inespecífico. En la mayoría de los órganos el parénquima consta de células epiteliales. En algunos órganos (p. ej. en el bazo) el parénquima lo forman células defensivas o precursores de las células sanguíneas.
El **tejido conjuntivo** constituye en todas las vísceras un *armazón fundamental* que sirve para la estabilización, conduce vasos sanguíneos y linfáticos y nervios, y en cuyas mallas se encuentran frecuentemente "células libres del tejido conjuntivo". Se denomina *estroma* el *tejido conjuntivo laxo* o *reticular* del interior de los órganos; une células o grupos celulares del parénquima.
En calidad de *cápsula fibrosa,* el tejido conjuntivo envuelve los órganos internos. En unos pocos casos, una envoltura del órgano especialmente rica en fibras y por ello de reflejo blanquecino es denominada *túnica albugínea.* La capa conjuntival externa de un órgano alojado en el tejido conjuntivo se denomina *túnica adventicia.*

El **tejido cartilaginoso** sólo se presenta en el *sistema respiratorio*; puede calcificarse a trechos y también osificarse.

El **tejido muscular liso** origina la automotilidad en todas las vísceras, exceptuando las vísceras de la cabeza y cuello, así como el corazón, en los que se encuentra tejido muscular de estriación transversal.

Como capa muscular especial, la *túnica muscular*, el tejido muscular liso participa en la constitución de la pared de los órganos internos.

El **tejido nervioso** se presenta en las vísceras en forma de *neuronas y fibras nerviosas vegetativas eferentes*. Inervan el tejido muscular liso, así como las células epiteliales glandulares. La pared de muchos órganos contiene neuronas vegetativas, que, conjuntamente con las fibras nerviosas vegetativas, se denominan "*sistema nervioso intramural*". Las fibras nerviosas *aferentes* de las vísceras terminan casi siempre como "terminaciones nerviosas libres". Sólo excepcionalmente existen *receptores* estructurados especialmente tal como los receptores olfatorios y gustativos de las vísceras de la cabeza y ocasionalmente los receptores mecánicos en los órganos internos (p. ej., corpúsculos laminares en el páncreas).

1. Elementos y principios estructurales de las mucosas

Las *superficies internas* de las vísceras, de los "órganos cavitarios" (fig. **32**) están recubiertas por *mucosas* –a excepción de los órganos del sistema circulatorio, que están revestidos de endotelio.
El concepto "*mucosa*" permite reconocer que esta modalidad de revestimiento de superficies internas de órganos está en una estrecha relación con la producción de una *secreción glandular* –frecuentemente moco– (tomo 3: Histología; túnica mucosa).
La **mucosa**, *túnica mucosa*, tiene siempre una constitución *específica de órgano;* por ello las mucosas muestran grandes diferencias. La especificidad de órgano de una mucosa es por regla general tan manifiesta que en la observación microscópica se puede establecer un diagnóstico del órgano sólo por la constitución de la mucosa. Se distinguen las capas mucosas siguientes:

– La *capa o lámina epitelial* constituye la capa superficial de la mucosa.
– El *tejido conjuntivo de la mucosa, lámina propia de la mucosa,* está inmediatamente debajo de la capa epitelial.
– La *capa o lámina muscular de la mucosa* está desarrollada únicamente en el *sistema digestivo*, desde el esófago hasta el intestino recto. Separa el tejido conjuntivo mucoso del tejido conjuntivo, de situación más profunda.
– Una *submucosa, capa de tejido conjuntivo* situada debajo de la mucosa, únicamente puede ser delimitada claramente en caso de formación de una muscular mucosa. No se considera ya perteneciente a la mucosa, pero funcionalmente está muy vinculada a ella.

a) Epitelio de la mucosa

La lámina epitelial consta de células, que están unas junto a otras sin que queden lagunas entre ellas y que forman así la capa superficial del tejido



Fig. 32. **La mucosa como parte de la pared de un órgano cavitario** (esófago).
1-3 *Capas de la mucosa*
1 Lámina epitelial de la mucosa
2 Lámina propia de la mucosa
3 Lámina muscular de la mucosa
4 Tela submucosa
5-6 *Capas musculares*
5 Estrato circular
6 Estrato longitudinal
7 Túnica adventicia

(tomo 3: Histología; epitelios que revisten una superficie). La capa epitelial ejerce –como capa delimitante entre tejido orgánico y superficie– diversas *funciones* que se manifiestan en variedades de *diferenciación.*
La **clasificación** de los epitelios se rige en general según la *forma,* la *formación de capas* y la *diferenciación de la superficie libre* de las células epiteliales. Se distinguen células epiteliales *planas, cúbicas* y *prismáticas altas*, así como epitelios *monoestratificados, poliseriados* y *poliestratificados* (tomo 3: Histología; epitelios de revestimiento de superficies).
La *diferenciación de la superficie libre* de las células epiteliales muestra estructuras funcionales llamativas. En los *epitelios de la mucosa* existen las siguientes *relaciones con la función.*
Protección. El epitelio sirve para la protección (mecánica, térmica, química) del tejido situado más profundamente. En caso de fuerte exigencia mecánica (p. ej., en la cavidad bucal, conducto esofágico) el epitelio es poliestratificado "*epitelio plano poliestratificado no queratinizado*".
La *protección contra el depósito* de partículas muy pequeñas en las superficies internas de los órganos (p. ej., en la cavidad nasal y vías respiratorias contra el polvo) la ofrecen numerosos pequeños cilios vibrátiles, los *cinocilios*, en la superficie de *células prismáticas altas* normalmente poco resistentes y ordenadas en una capa (biseriada): "*células ciliadas*". Los cilios vibrátiles golpean coordinadamente en dirección a una salida (p. ej.,

en la tráquea y cavidad nasal hacia la faringe) y originan con ello una corriente líquida en la superficie de la mucosa que aleja a las partículas que han penetrado.

En órganos aislados el epitelio forma *sustancias especiales de protección* contra *efectos químicos* (p. ej., en la vejiga urinaria contra la orina) que también pueden ser excretadas (p. ej., en el estómago contra el ClH). En el último caso se origina protección por secreción.

Resorción. En numerosos órganos internos tiene lugar la toma de sustancias (resorción) desde la luz del órgano hasta el interior del mismo. Las mucosas especialmente activas en cuanto a resorción (p. ej., el intestino delgado) poseen sólo un *epitelio monoestratificado prismático alto,* cuya superficie dirigida a la luz presenta un fuerte *aumento de superficie* debido a numerosas microvellosidades, sólo visibles con claridad al microscopio electrónico, y que al microscopio óptico aparecen como un cepillo: "células en cepillo". La monoestratificación del epitelio resorbente favorece la resorción. Los epitelios pluriestratificados pueden igualmente resorber sustancias pero en menor medida.
Se entiende por **secreción** la cesión de sustancias sintetizadas para cederlas (tomo 3: Histología; secreción). Los epitelios secretores son, como los resorbentes, células *prismáticas altas* o *cúbicas* en una capa *monoestratificada.* La producción de *moco* por las "células caliciformes" es una función secretora no específica de órgano de células epiteliales de las mucosas. En algunos órganos (p. ej., el estómago) se secretan sustancias específicas orgánicas por los epitelios mucosos.

La *importancia biológica del moco* reside principalmente en que mantiene la mucosa húmeda, y, en algunos órganos (p. ej., del sistema digestivo) mejora el deslizamiento del contenido del órgano. El moco puede también actuar químicamente como tampón.
En las *glándulas* las células epiteliales secretoras están agrupadas en forma de órganos.

b) Tejido conjuntivo de la mucosa

El *tejido conjuntivo de la mucosa* consta de tejido conjuntivo *laxo*, y en algunos órganos (p. ej., en el intestino delgado inferior) también de tejido conjuntivo *reticular.* Está separado del epitelio por una membrana basal (tomo 3: Histología; membrana basal) o al menos por una lámina basal (tomo 3: Histología; lámina basal). El tejido conjuntivo de la mucosa es un tramo de tránsito para el transporte entre vasos y capa epitelial.
Una parte de las estructuras del tejido conjuntivo de la mucosa está *en relación con las funciones del epitelio de la mucosa.* De las pequeñas arterias del tejido conjuntivo submucoso entran *arteriolas* en el tejido conjuntivo de la mucosa y nutren una *red capilar* —en muchos casos muy desarrollada, también específica de órgano— que, entre otras cosas, introduce las sustancias químicas (aminoácidos, azúcar) a partir de las cuales las cé-

lulas epiteliales secretoras sintetizan su secreción. Las *vénulas* y los *capilares linfáticos* transportan sustancias resorbidas en venas y redes vasculares linfáticas en el tejido conjuntivo submucoso. Las *fibras conjuntivales* sirven para la estabilización.

Otra parte de las estructuras del tejido conjuntivo mucoso, de expresión más o menos marcada en los diversos órganos, ejerce una función notablemente independiente de la capa epitelial: la función *defensiva.* En las mallas del tejido conjuntivo, reticular en estos lugares, se encuentran linfocitos, frecuentemente, en forma de *folículos linfáticos*, en el intestino delgado inferior como *folículos linfáticos agregados*, así como otras células *defensivas.*

c) Capa muscular mucosa

La *capa muscular mucosa*, una formación *sólo existente en el sistema digestivo,* está constituida por fascículos de células musculares lisas que rodean a la mucosa y se entrecruzan entre sí en espiral (tomo 3: Histología; lámina muscular mucosa). La capa muscular, gracias al tejido conjuntivo laxo submucoso e independientemente de la pared muscular adyacente del tubo intestinal, puede, mediante contracción, formar *pliegues de mucosa*; la capa muscular mucosa facilita una motilidad propia de la mucosa (véase fig. **32**).

d) Tejido conjuntivo submucoso

El *tejido conjuntivo laxo submucoso*, de situación más profunda y únicamente en el sistema digestivo claramente delimitado de la mucosa gracias al estrato muscular mucoso, tiene importancia como *capa de deslizamiento* y como capa de vías conductoras (fig. **32**). Contiene vasos sanguíneos, redes de vasos linfáticos y fibras nerviosas vegetativas que, en el sistema digestivo, con la inclusión de células nerviosas, forman un extenso plexo que inerva la capa muscular mucosa y los vasos de la mucosa.

2. Principios estructurales de las membranas serosas y cavidades serosas

Una *cavidad serosa* (fig. **33**) es una hendidura capilar de formas diversas, cerrada por todas partes, revestida por una *membrana serosa* y que contiene una pequeña cantidad de *líquido seroso.* Las cavidades serosas del espacio torácico, abdominal y pélvico separan una parte de las vísceras de estos espacios de la pared muscular y ósea del tronco y hacen posibles los *desplazamientos* de las vísceras con respecto a la pared del tronco y con respecto a ellas mismas, así como *modificaciones del estado de repleción* de estas vísceras.

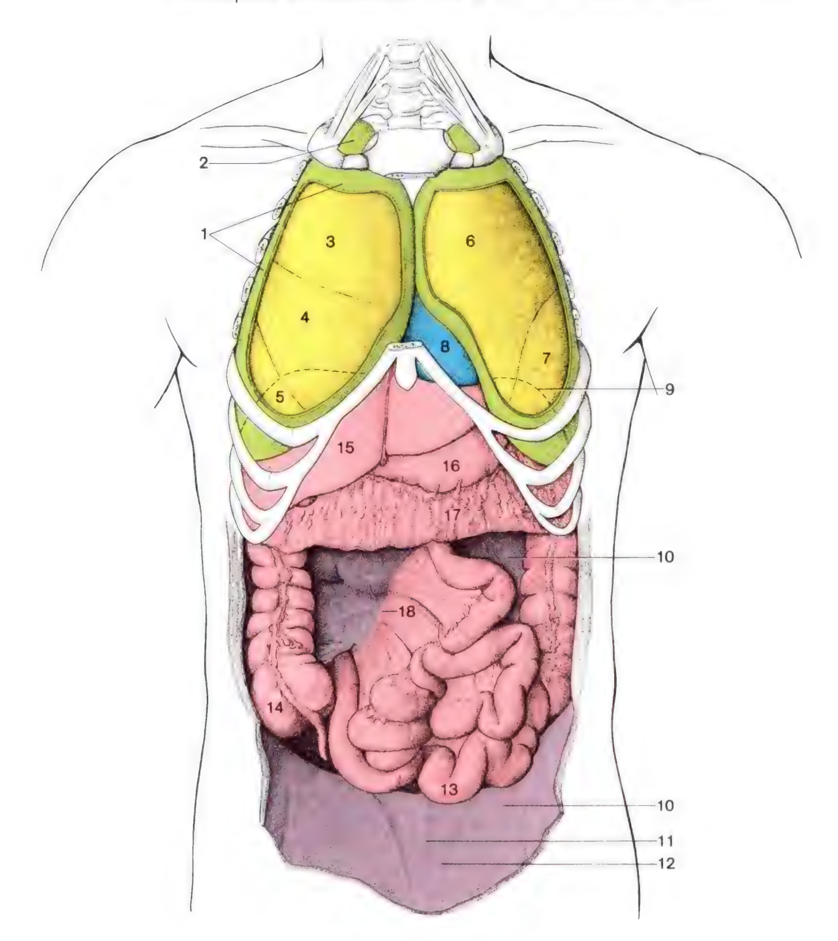


Fig. 33. **Cavidades serosas.**
Cavidad pericárdica cerrada, cavidad pleural y peritoneal abierta

1 Pleura parietal (fenestrada)
2 Cúpula pleural (debajo del m.escaleno anterior)
3-7 Pulmón, recubierto por la pleura visceral
3 Lóbulo superior derecho
4 Lóbulo medio
5 Lóbulo inferior derecho
6 Lóbulo superior izquierdo
7 Lóbulo inferior izquierdo
8 Pericardio
9 Proyección de la cúpula diafragmática
10 Peritoneo parietal
11 Plicatura umbilical media
12 Plicatura umbilical interna
13-18 Vísceras abdominales recubiertas por peritoneo visceral
13 Intestino delgado
14 Intestino ciego con apéndice vermiforme
15 Hígado
16 Estómago
17 Epiplón mayor (parcialmente cortado)
18 Raíz del mesenterio

En las modificaciones del estado de repleción de las vísceras interviene en la mayoría de los casos la pared del tronco (p. ej., dilatación del pulmón y ensanchamiento del tórax en la inspiración, dilatación del estómago y ensanchamiento de la pared abdominal en la ingestión alimenticia), estas modificaciones provocan igualmente deslizamientos entre las vísceras y la pared del tronco en las cavidades serosas.

Otra parte de los órganos torácicos, abdominales y pélvicos, permanece en un *depósito de tejido conjuntivo* situado *por fuera* de las cavidades serosas del espacio torácico, abdominal y pélvico (→ *mediastino, espacio extraperitoneal*). La motilidad de estos órganos, como también la de los órganos del cuello, obedece a su situación en el tejido conjuntivo laxo. *Cavidades serosas* son la *cavidad pleural*, la *cavidad pericárdica* y la *cavidad peritoneal.*

a) Membranas serosas

La *membrana serosa*, o simplemente *serosa*, es delgada, de color rojizo y lisa brillante. Los pocos mililitros de "líquido seroso", claro, color ámbar, son secretados a través de la serosa.
La membrana serosa reviste por una parte la superficie visceral con una "hoja visceral", "*serosa visceral*", y por otra la parte interna de la pared de la correspondiente cavidad corporal con una "hoja parietal", "*serosa parietal*" (fig. **34**). Las hojas visceral y parietal se unen entre sí en una línea de transición (p. ej., en el pedículo vascular de un órgano).

La variedad morfológica de una cavidad serosa puede aún aumentar con la formación de pliegues que sobresalen hacia el interior, o por evaginaciones de la hoja parietal.
Según su *localización* se distinguen las siguientes *membranas serosas*: *En la cavidad pleural del* espacio torácico: la hoja visceral es denominada *pleura pulmonar* y la hoja parietal en la cara interna del tórax, *pleura costal*; la hoja parietal recubre como *pleura diafragmática* al diafragma y como *pleura mediastínica* la delimitación externa del mediastino.
En la cavidad pericárdica del espacio torácico: la hoja visceral se denomina *epicardio*, la parietal *pericardio.*
En la cavidad peritoneal del espacio abdominal: la hoja visceral es el *peritoneo visceral*, la hoja parietal el *peritoneo parietal.*

Constitución de las membranas serosas

La membrana serosa está constituida por una *capa epitelial* y una *capa de tejido conjuntivo* subyacente.
El **epitelio de la serosa**, *túnica serosa*, debido a su procedencia mesodérmica denominado también "*mesotelio*", consta de células planas deformables, derivadas de células conjuntivales que se han modificado en células epiteliales. El epitelio de la serosa permite un intenso *transporte de líquido* hacia la cavidad serosa y desde ella.

El **tejido conjuntivo subseroso,** *tela subserosa*, posee –según la localización de la serosa– formas y porciones variables de fibras conjuntivales; sobre las vísceras deformables existen formaciones de redes elásticas. Las membranas serosas están provistas de numerosos vasos sanguíneos, siendo el número de vasos linfáticos más variable. La serosa parietal del tronco posee inervación sensitiva, por el contrario la serosa visceral carece en muchos órganos de fibras nerviosas sensitivas.
Trasudación y resorción. Las membranas serosas por una parte están capacitadas en gran medida para la excreción, *trasudación*, de líquido a las cavidades serosas, la secreción serosa es renovada constantemente; por otra parte, en muchas zonas pueden *reabsorber* de las cavidades serosas secreciones y elementos corpusculares en gran cantidad y rápidamente.

La secreción serosa puede estar patológicamente aumentada (hidropesía); en caso de inflamación puede ser enturbiada por células defensivas que salen de las membranas serosas y por la fibrina.

b) Situación de las vísceras con respecto a las cavidades serosas

Los *órganos en el espacio torácico y abdominal* tienen *relaciones* variables *con respecto a la(s) cavidad(es) serosa(s)* de las cavidades corporales correspondientes. Denominaciones especiales caracterizan la situación de los órganos abdominales y pélvicos con respecto a la *cavidad peritoneal* (fig. **34**).
Organos situados en cavidades serosas. Los órganos que casi totalmente están revestidos por la hoja visceral de la serosa, o sea que se hallan *en* una cavidad serosa (p. ej., el pulmón en la cavidad pleural, el intestino delgado en la cavidad peritoneal), están unidos a los troncos vasculares y nerviosos que discurren en el tejido conjuntivo por fuera de la cavidad serosa, únicamente por medio de una vía vasculonerviosa –frecuentemente acintada– revestida de serosa.
Se entiende por "*meso-*" (añadiendo la denominación del órgano, por ej., "*mesogastrio*" en el estómago, "*mesenterio*" en el intestino delgado) la *placa de tejido conjuntivo* delgada, portadora de vasos y nervios, *revestida* en ambos lados *por serosa*, que une los órganos totalmente revestidos por serosa con el tejido conjuntivo que se encuentra fuera de las cavidades serosas.

Los "meso-" se desarrollan en dependencia con la formación y distribución de la cavidad abdominal embrionaria (tomo 4: Embriología; cavidad celómica y mesenterios).

Ligamento. En los casos en que los vasos que discurren en el "meso-" presentan un calibre mayor y/o en que fascículos fibrosos de tejido conjunti-

vo refuerzan el "meso-", éste a menudo es denominado "*ligamento*". Sin embargo, el "meso-" sólo tiene importancia mecánica cuando controla como una rienda, la movilidad de un órgano; como "dispositivo a modo de cortina" para las vísceras no tiene ninguna utilidad el "meso-" reforzado como ligamento.

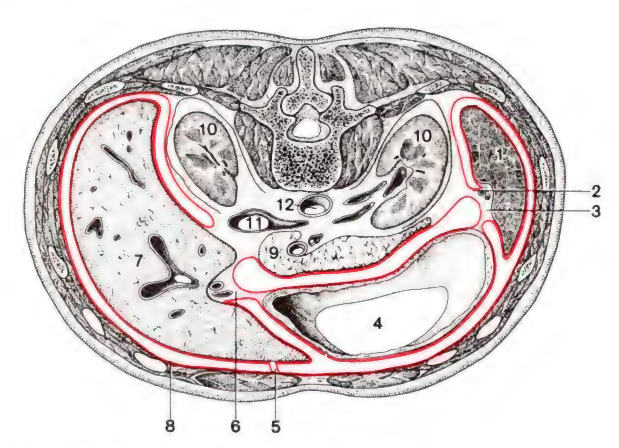


Fig. 34. **Relaciones de las vísceras abdominales con la cavidad peritoneal.**
Peritoneo ——

1-7 *Organos intraperitoneales y "mesos"*
1 Bazo
2 "Meso" frenicolienal
3 "Meso" gastroesplénico
4 Estómago
5 Lig.falciforme hepático
6 "Meso" gastro-hepático
7 Hígado
8 Pared de la cavidad peritoneal, revestida por peritoneo parietal
9 *Organo de situación retroperitoneal:* páncreas
10-12 *Organos de situación extraperitoneal*
10 Riñón
11 V.cava inferior
12 Aorta abdominal

Organos abdominales y pélvicos, que de esta manera se encuentran ampliamente revestidos por la hoja visceral del peritoneo, tienen una situación *intraperitoneal*.

Organos limitantes con cavidades serosas. En órganos que *limitan* con una cavidad serosa, únicamente una cara parietal es revestida por la hoja (parietal) de la serosa (p. ej., partes de la aorta descendente en la cavidad torácica, la glándula pancreática en la cavidad abdominal), las restantes caras parietales están adheridas al tejido conjuntivo de la cavidad abdominal.

Los *órganos abdominales y pélvicos* que adoptan esta posición limitante con la cavidad peritoneal y cuya cara parietal está revestida por la hoja parietal del peritoneo son de situación *retroperitoneal*.

Organos situados fuera de las cavidades serosas. Finalmente, los órganos pueden estar situados sin relación ninguna con una cavidad serosa, en la capa de *tejido conjuntivo* de una cavidad corporal (p. ej., la tráquea en el mediastino de la cavidad torácica, el riñón en el espacio retroperitoneal de la cavidad abdominal), están totalmente rodeados por tejido conjuntivo. Los *órganos abdominales y pélvicos* que no presentan ninguna relación con la hoja parietal del peritoneo son de situación *extraperitoneal.*

V. Glándulas

En las glándulas un gran número de *células epiteliales secretoras* están reunidas a *modo de órgano* mediante tejido conjuntivo. El *cuerpo de la glándula* puede ser de tamaño microscópico (p. ej., pequeñas glándulas mucosas) o tener un diámetro de varios cm (p. ej., glándulas salivales mayores).

Ejemplos del desarrollo glandular → tomo 4: Embriología; tiroides, páncreas. Producción de la secrección glandular → tomo 3: Histología; Secreción, extrusión.

Una diferencia fundamental entre las glándulas se establece en la vía de transporte de sus productos (fig. **35**).
Las **glándulas exocrinas** (fig. **35a**) poseen un *conducto excretor* que conduce su secreción a la superficie corporal externa o a la superficie interna de las vísceras. El conducto excretor desemboca en el lugar de la superficie donde ha brotado la glándula en el desarrollo embrionario; la glándula exocrina conserva por tanto su relación original con respecto a la superficie.
Son *glándulas exocrinas* las glándulas *sudoríparas*, las *olorosas* y las *sebáceas* de la *piel externa*, así como las *glándulas del sistema digestivo, respiratorio* y de *reproducción.*

Las secreciones de las glándulas exocrinas en la piel y en las mucosas del aparato respiratorio sirven primordialmente para su protección; en la mucosa del sistema digestivo sirven también al catabolismo enzimático de las sustancias nutritivas, y en el sistema reproductor para facilitar las condiciones óptimas para un comienzo del embarazo.

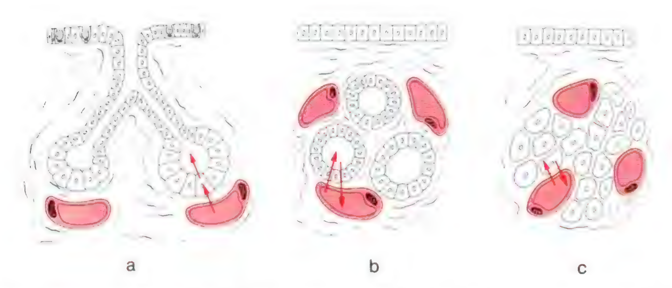


Fig. 35. **Clasificación de las glándulas según la vía de transporte de la secreción.**
Las flechas indican la dirección del transporte de los elementos secretores (a partir de los vasos sanguíneos), así como de la secreción.
a Glándula exocrina
b Glándula endocrina con formación folicular
c Glándula endocrina sin formación folicular

Las **glándulas endocrinas** (fig. **35b, c**), por el contrario, no poseen *ningún conducto excretor,* su *increción* (hormona) es transportada por medio de los *vasos sanguíneos.* Si bien (la mayoría de) las glándulas endocrinas se originan igualmente mediante brotes en una superficie, por regla general esta conexión desaparece.
Las *grandes glándulas endocrinas (glándulas hormonales) son la hipófisis, el tiroides, las paratiroides, la corteza y medula suprarrenal, el órgano insular* en el páncreas, las *glándulas sexuales* y el *sistema de las células endocrinas gastrointestinales,* así como pequeñas formaciones nodulares añadidas al sistema nervioso vegetativo, *los paraganglios.* Además, en los riñones y en otros órganos hay células y grupos celulares que segregan sustancias similares a las hormonas.

Las hormonas son sustancias necesarias para la vida, que cedidas a la sangre en cantidades pequeñísimas, coordinan funciones vitales mediante inducción enzimática. La "información hormonal" es sólo recogida por células que poseen en su membrana celular "receptores" específicos especializados con respecto a la hormona correspondiente.

1. Elementos y principios estructurales de las glándulas exocrinas

Desde un punto de vista microscópico-anatómico las glándulas exocrinas se distinguen según la *configuración del segmento terminal de la glándula,* según la *composición química de la secreción* (identificable mediante coloración) y según la *cantidad y modalidad de expulsión de la secreción* (tomo 3: Histología; epitelios glandulares y principios estructurales de las glándulas).

a) Porción secretora de la glándula (segmento terminal de la glándula)

Diferencias de configuración. Los *segmentos terminales glandulares,* es decir, los extremos distales de las ramas epiteliales tubulares resultantes de la ramificación del brote glandular, son por regla general las porciones secretoras de una glándula (fig. **36**). Las partes restantes, proximales de las ramas se convierten en el sistema de vías excretoras, que presenta en muchas glándulas diferenciaciones propias. Según la configuración de las porciones terminales de la glándula se distinguen *porciones terminales acinosas,* que semejan una fresa redondeada, *porciones terminales alveolares* que forman saquitos redondeados o piriformes, y *porciones terminales tubulosas,* pequeños tubos con extremo ciego que pueden ser extendidos o enrollados en el extremo (glándulas glomerulares).
Diferencias (químicas) de tinción permiten la diferenciación en *porciones terminales serosas y mucosas* (tomo 3: Histología; glándulas serosas,

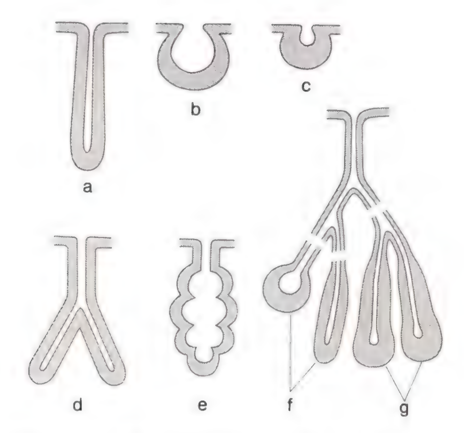


Fig. 36. **Clasificación de las glándulas según la forma de las porciones terminales secretoras.**

a Tubulosa simple
b Alveolar simple
c Acinosa simple
d Tubulosa ramificada
e Alveolar ramificada
f Tubuloacinosa compuesta
g Tubuloacinosa mixta compuesta

glándulas mucosas). Una "glándula mixta" contiene al mismo tiempo porciones terminales distintas.

Diferencias en cantidad y modalidad de excreción de la secreción hacen posible la distinción entre porciones terminales *ecrinas, apocrinas* y *holocrinas* (tomo 3: Histología; glándulas ecrinas, glándulas apocrinas y glándulas holocrinas).

b) Tejido conjuntivo, células musculares de las porciones terminales glandulares y nervios

Tejido conjuntivo. Las células epiteliales de las porciones terminales glandulares se superponen a una *membrana basal* de tejido conjuntivo (tomo 3: Histología; membrana basal). Varias porciones terminales glandulares están unidas por tejido conjuntivo y forman un lobulillo glandular. Una glándula (mayor) consta de numerosos lobulillos que prestan a la superficie de la glándula un aspecto granuloso. Las glándulas mayores están rodeadas por una cápsula de tejido conjuntivo fibroso, *cápsula fibrosa.*

Células musculares. Adyacentes a las porciones terminales de muchas glándulas exocrinas se encuentran células musculares lisas que durante la contracción expulsan el contenido de la porción terminal de la glándula. Las células musculares se encuentran en la cara epitelial de la membrana basal, proceden de células epiteliales y se denominan por tanto *células mioepiteliales, mioepitelios* (tomo 3: Mioepitelios).

Nervios. Los actuales conocimientos morfológicos referentes a la inervación de las células epiteliales secretoras se basan primordialmente en los hallazgos obtenidos de glándulas aisladas en animales. Se han observado en las células epiteliales glandulares o en la proximidad de las mismas *terminaciones axónicas colinérgicas y aminérgicas.* Basándonos en los conocimientos de fisiología sobre las influencias de los nervios vegetativos sobre las glándulas, podemos deducir que las *glándulas exocrinas poseen una inervación vegetativa.*

c) Conductos excretores de las glándulas

En las *glándulas exocrinas* la secreción es transportada a través de un conducto excretor a una superficie (piel o mucosa) (figs. **35** y **36**). El transporte lo verifican: *células mioepiteliales* de la porción terminal glandular (p. ej., en las glándulas sudoríparas, glándulas salivales mayores), *la presión de la secreción* (p. ej., en las glándulas del tracto digestivo), *las células musculares lisas* en los alrededores de la porción terminal (p. ej., en las glándulas foliculares pilosas, tomo 3: Histología; pelos).

En **las glándulas no ramificadas** desemboca una *única porción terminal* con un *conducto excretor propio.* Este tipo de desembocadura se realiza en la mayoría de las glándulas tubulosas; un túbulo simple consta, en el extremo ciego (= porción terminal glandular), de células secretoras, y en la desembocadura (casi siempre) de células no secretoras en las cuales se producen mitosis para la regeneración del epitelio glandular (p. ej., glándulas intestinales, pequeñas glándulas sudoríparas = "glándulas glomerulares").
En **las glándulas ramificadas** desembocan *varias porciones terminales conjuntamente en un conducto excretor único no ramificado* (p. ej., pequeñas glándulas del sistema respiratorio, glándulas gástricas, "glándulas de Meibom" del párpado ocular).
En las **glándulas mixtas** desembocan *numerosas porciones terminales* en las *ramas de un conducto excretor ramificado;* éste forma con sus ramas un *"sistema conductor excretor"* (p. ej., glándulas salivales mayores, glándula láctea). En el *sistema conductor excretor* se distinguen casi siempre distintos *segmentos* específicos de órgano.

2. Principios estructurales y ordenación de las glándulas endocrinas

a) Comparación entre glándulas exocrinas y endocrinas

En las glándulas *endocrinas,* a diferencia de las glándulas exocrinas, no se puede establecer *ninguna diferencia general* en la configuración de los componentes glandulares secretores o en la cantidad y modalidad de extrusión de la secreción.

La **configuración** de los *componentes glandulares secretores,* es decir, el modo y la manera en que están acumuladas conjuntamente las células epiteliales, puede ser característico para una determinada glándula. Las células epiteliales pueden estar dispuestas en forma de bolas, cordones o redes, o excepcionalmente también formar vesículas y folículos en los que es almacenada una hormona fijada a una sustancia portadora (p. ej., el tiroides).
La **cantidad de increción** es escasa comparada con la secreción de las glándulas exocrinas, la **depuración de la increción** tiene lugar (según los actuales conocimientos) mediante *extrusión ecrina.*

Las **diferencias en la afinidad para las distintas tinciones** de las células glandulares son numerosas e importantes para la clasificación en hormonas de los distintos tipos celulares dentro de una glándula endocrina, pero no proporcionan ningún criterio de clasificación general para las glándulas endocrinas, porque distintas hormonas pueden pertenecer a los mismos grupos de sustancias —y únicamente éstos son demostrables fácilmente mediante tinción.
La **función del conducto excretor** de las glándulas exocrinas la adoptan en las glándulas endocrinas los *capilares y las venas postcapilares;* los capilares son por regla general "fenestrados" (tomo 3: Histología; capilares). Las glándulas endocrinas están muy vascularizadas.
El **tejido conjuntivo** de las glándulas endocrinas es laxo y pobre en fibras entre las células epiteliales y alrededor de los capilares. Las hormonas atraviesan el tejido conjuntivo en su trayecto desde las células secretoras a los vasos sanguíneos. En algunas glándulas endocrinas se han reconocido vasos linfáticos, que (probablemente) recogen hormonas y con la linfa las transportan a la sangre.
Nervios. Las terminaciones de axones eferentes *vegetativos* (colinérgicos y adrenérgicos) se han encontrado en varias glándulas endocrinas. Terminan por formaciones similares a las sinapsis, en parte en células secretoras y en parte en vasos sanguíneos.

b) Ordenación de las glándulas endocrinas

Las glándulas *exocrinas* despliegan su acción inmediata únicamente en una zona localizada vecina circunscrita, por ejemplo dentro de los sistemas viscerales a los que pertenecen. A este respecto, las glándulas están sometidas a una dirección específica orgánica. Las glándulas exocrinas de los diversos sistemas viscerales no se influyen entre sí, o, por lo menos, no directamente.
Las *glándulas endocrinas* (fig. **37**), por el contrario, ejercen acciones a distancia que (casi siempre) afectan a todo el organismo. Las glándulas endocrinas funcionan en dependencia recíproca, en la que interviene una parte del diencéfalo como regulación superior.
Diencéfalo. La parte inferior del diencéfalo, *el hipotálamo,* es el órgano rector superior de las glándulas endocrinas. Existe la siguiente *ordenación de dependencias:*

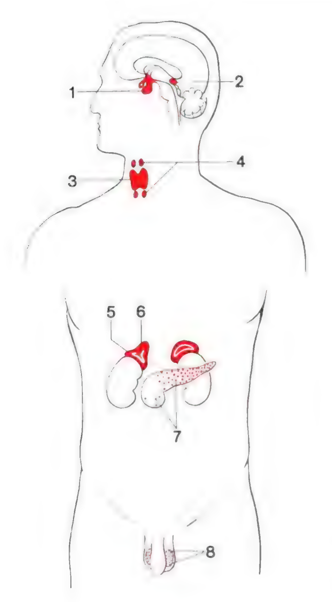


Fig. 37. **Glándulas endocrinas** (sin las llamadas glándulas productoras de hormonas tisulares).
1 Sistema hipotálamo-hipofisario
2 Epífisis
3 Tiroides
4 Paratiroides
5 Corteza suprarrenal
6 Médula suprarrenal
7 Organo insular
8 Partes endocrinas de las gónadas

Los núcleos del diéncefalo, núcleos hipotalámicos, emiten
- **eferencias nerviosas** que, descendiendo en el tronco encefálico a territorios nucleares visceromotores, actúan sobre las glándulas endocrinas mediante *nervios vegetativos* y
- **eferencias hormonales** que, a través del *sistema hipotálamo-hipofisario,* regulan las glándulas endocrinas subordinadas.

Sistema hipotálamo-hipofisario: hormonas reguladoras (fig. **38**). La mayoria de las hormonas procedentes de los núcleos del hipotálamo actúan indirectamente sobre las glándulas endocrinas periféricas, en el sentido de que como *hormonas reguladoras, releasing hormones y releasinginhibiting hormones,* regulan la liberación de hormonas del lóbulo anterior de la hipófisis o *adenohipófisis.* Este órgano en forma de judía se encuentra en el centro de la base del cráneo (silla turca), debajo del hipotálamo. La adenohipófisis —como intermediario entre el hipotálamo y las glándulas endocrinas periféricas— está estrechamente unida al hipotálamo por medio de vasos sanguineos.

La **adenohipófisis,** estimulada por hormonas reguladoras, segrega **hormonas glandotropas,** que estimulan *directamente* el crecimiento y la producción hormonal de las glándulas *endocrinas periféricas* dependientes del sistema hipotálamo-hipofisario (fig. **38**).

Las **glándulas endocrinas periféricas,** que dependen del sistema hipotálamo-hipofisario, producen **hormonas efectoras,** que actúan directamente sobre el metabolismo de los *órganos efectores.*

A través de unas pocas **hormonas efectoras** el propio **hipotálamo** (hormonas que regulan el equilibrio hidrico y producen la contracción de la musculatura lisa de pocos órganos) y la **adenohipófisis** (hormona del crecimiento) actúan directamente sobre el metabolismo y funcionalismo de los órganos efectores.

Por medio de *hormonas glandotropas de la adenohipófisis* son estimuladas para el crecimiento y la producción de hormonas las *siguientes glándulas endocrinas periféricas* (fig. **37**):

En el **ovario** se producen cíclicamente (ciclo ovárico) hormonas sexuales femeninas.
En el **testículo** se producen principalmente hormonas sexuales masculinas.
En la **corteza suprarrenal** son sintetizadas numerosas hormonas que entre otras cosas intervienen en el equilibrio mineral y de los hidratos de carbono, asi como hormonas sexuales.
El **tiroides,** o glándula tiroidea, produce hormonas que estimulan el metabolismo celular, influyen sobre el crecimiento corporal y bajan la calcemia.

La **retroinformación** a partir de estos órganos –dependientes de la adenohipófisis– tiene lugar en parte hacia el *hipotálamo,* en parte hacia la *adenohipófisis* (fig. **38**).

Fig. 38. **Esquema de correlaciones entre las glándulas endocrinas.**
1 Núcleos del hipotálamo productores de hormonas
2 Hormonas reguladoras (aquí: hormona liberadora de tirotropina = thyrotropin releasing hormone = TRH)
3 Adenohipófisis
4 Hormona glandotropa (aquí: hormona estimulante del tiroides = TSH = tirotropina)
5 Tiroides (glándula tiroidea)
6 Hormona efectora (aquí: tiroxina)
7 Retroinformación por la vía sanguínea al hipotálamo y adenohipófisis. (Sistema "feed-back")

La retroinformación cierra el **círculo regulador.** *Principio del círculo regulador:* Una oferta excesiva (de una hormona), por medio de una retroinformación origina una restricción de la producción y, por el contrario, una oferta insuficiente un incremento de la producción.

Sobre el *hipotálamo,* y con ello también sobre las glándulas endocrinas subordinadas, actúan también *influencias nerviosas centrales* (p. ej., influencias psíquicas sobre ciclo menstrual regulado por hormonas).
Las **glándulas endocrinas independientes del sistema hipotálamo-hipofisario** *mencionadas a continuación* son reguladas en parte por el *sistema nervioso vegetativo* (o sea indirectamente por *eferencias nerviosas del hipotálamo)* y en parte por otras modalidades específicas de órgano.

La **epífisis,** *cuerpo pineal,* un pequeño órgano que pende del techo del III ventrículo cerebral por su parte posterior, produce una hormona que (en la experimentación animal) inhibe el desarrollo sexual.
La **medula suprarrenal,** *medula de la glándula suprarrenal,* situada en el interior de la suprarrenal, produce hormonas que, entre otras cosas, aumentan la tensión sanguínea.
Los **corpúsculos epiteliales,** *glándulas paratiroides,* cuatro corpúsculos del tamaño de un guisante en la cara posterior del tiroides, producen una hormona reguladora del metabolismo del calcio y del fósforo.
El **órgano insular,** 0,5-1,5 millones de islotes celulares de tamaño microscópico situado en el páncreas, regulan el nivel de glucosa en la sangre.
El **sistema de las células endocrinas gastrointestinales** dirige funciones del tracto digestivo.
Los **paraganglios,** corpúsculos del tamaño de un guisante en la aorta y en otras localizaciones, producen, como la medula suprarrenal, hormonas de acción circulatoria.

La **placenta,** que durante el embarazo adopta transitoriamente *funciones hormonales de la adenohipófisis* y del *ovario,* ocupa una *posición especial* en la ordenación de las glándulas endocrinas. La placenta interviene, como órgano regulador independiente, en la coordinación de otras numerosas glándulas endocrinas.

VI. Sistema nervioso

A través del sistema nervioso el organismo está en comunicación (pasiva y activa) con su ambiente. Coordina los rendimientos de los sistemas orgánicos, directa (a través de nervios) o indirectamente (mediante glándulas hormonales) como instancia superior: dirige o regula las actividades del aparato locomotor, de los sistemas respiratorio, circulatorio, digestivo y urogenital, así como del sistema de las glándulas endocrinas. También puede intervenir indirectamente y de forma reducida en las acciones del sistema defensivo.
Se distingue el *sistema nervioso central*, SNC, que consta de *encéfalo y medula espinal*, y el *sistema nervioso periférico, SNP,* = *nervios y ganglios* (acúmulos de células nerviosas). El conocimiento de la estructura y distribución del sistema nervioso periférico es condición indispensable para la comprensión de las funciones de las distintas partes corporales que se comentan en el 2.° tomo. Por ello, en la anatomía general del sistema nervioso se exponen ante todo los principios anatómicos del sistema nervioso periférico y sus relaciones con el cerebro y medula espinal.

A. Elementos y principios estructurales del sistema nervioso

1. Elementos del sistema nervioso

Los elementos estructurales específicos del sistema nervioso se originan del *tubo neural, cresta neural* y *placas sensoriales* (tomo 4: Embriología; sistema nervioso central). El *tejido conjuntivo* participa en la construcción del sistema nervioso mediante vasos sanguíneos y con el desarrollo de estructuras protectoras y de conexión de las meninges cerebrales y espinales.
Los elementos estructurales específicos del sistema nervioso son las *células nerviosas (células ganglionares)* y las *células de neuroglia.* Las células nerviosas son los elementos conductores de la excitación. Las células de neuroglia forman dispositivos auxiliares; sirven en parte a la distribución de sustancias, a la estabilización mecánica y a la defensa, y en parte al aislamiento de células nerviosas, así como —en unión con fibras nerviosas— también indirectamente a la transmisión de la excitación (tomo 3: Histología; célula nerviosa, neuroglia).

a) Neurona

Se denomina *neurona* el *elemento estructural originante y transmisor de la excitación* de todas las partes del sistema nervioso, *la célula nerviosa*

con todas sus prolongaciones. La neurona es una *unidad funcional y morfológica.* Esta caracterización se expresa en la *teoría neuronal,* cuyo contenido es el siguiente:
La neurona, como portadora exclusiva de funciones nerviosas, es una *unidad funcional*; las neuronas están en contacto entre sí por medio de sinapsis. Cada neurona procede de un neuroblasto de origen ectodérmico, es, por tanto, también una *unidad genética.*
El metabolismo de las casi siempre numerosas y largas prolongaciones de la neurona es dirigido por el pericarion nucleado como centro metabólico de la neurona; la neurona es, pues, una *unidad trófica.*
La neurona es, como todas las células, excitable. *Un estímulo ocasiona una excitación, que se extiende por la membrana celular.* La neurona se distingue de las otras células, entre otras cosas, por el hecho de que la excitación puede propagarse rápidamente a lo largo de un tramo de extensión considerable, a través de prolongaciones celulares de hasta 1 m de longitud, los axones o cilindroejes.

División de la neurona

Las *neuronas del SNC* son los *"eslabones intermedios"* de *cadenas neuronales* y *círculos neuronales.*
Las *neuronas del SNP,* por el contrario, forman los *eslabones "iniciales"* o *"terminales"* de *cadenas neuronales* y son por ello especializadas (fig. **39**). No obstante, para los eslabones "inicial" y "terminal" también es válido lo que se dice a continuación, en el ejemplo de un eslabón intermedio, sobre la división de la neurona. La neurona, correspondientemente a la dirección del curso de la excitación, se subdivide en tres segmentos: *dendrita, pericarion y axón* (fig. **40**).

Dirección del curso de la excitación en la neurona: (Estímulo →) Dendritas → Pericarion → axón (→ Tejido efector).
A cada uno de los tres segmentos de la neurona le corresponde predominantemente (no exclusivamente) una de las tres funciones primordiales de la neurona. La dendrita (casi siempre son varias dendritas) y el axón son ramificaciones o prolongaciones del pericarion (tomo 3: Histología; célula nerviosa).
El **pericarion (soma)**, el cuerpo celular, en el lenguaje usual la célula nerviosa, contiene la mayor parte de los componentes celulares indispensables para los procesos nutritivos y de regeneración: núcleo celular (= información genética), retículo endoplasmático granulado (= formación de proteínas), mitocondrios (= formación de energía), además el aparato de Golgi, así como microtúbulos y filamentos. Cuanto más fuerte es el árbol dendrítico, o cuanto más larga es la neurita, tanto mayor es el pericarion. El *pericarion es la estructura nutritiva, el centro metabólico de la neurona.*
Las **dendritas**, prolongaciones polimorfas con ramificaciones arboriformes, reciben de los miembros precedentes de la cadena neuronal, a través

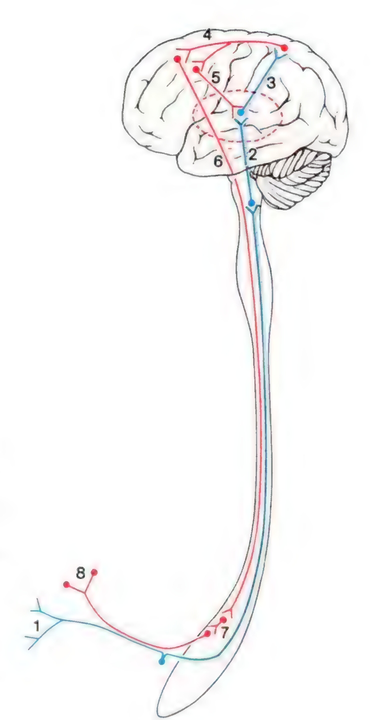


Fig. 39. **Ejemplo de la organización del sistema nervioso en vías y circuitos neuronales.**
(Cada división o segmento simboliza miles de neuronas dirigidas en el mismo sentido)
1 *Comienzo de una vía neuronal:* primera neurona aferente
2-7 *Segmentos de circuitos neuronales*
2,3 Segunda y tercera neurona aferente
4,5 Neurona de asociación
6 Neurona eferente
7 Neurona intermedia
8 *Término de una cadena neuronal:* última neurona eferente (vía terminal común motora)

de "sinapsis", estímulos productores de excitación. *Las dendritas son la parte receptora más importante de la neurona.*

Las dendritas, por regla general, reciben excitaciones de varias neuronas "conectadas", es decir, las excitaciones se transmiten de forma convergente a la neurona siguiente *(principio de convergencia).* El número de estas sinapsis interneuronales de un árbol dendrítico es de unos hasta muchos miles.

El axón consta de una única prolongación de la neurona cuya longitud es de unos pocos milímetros hasta 1 metro y que conduce la excitación al tejido efector o al eslabón siguiente en la cadena neuronal. El volumen del axón puede ser 100 veces mayor que el del pericarion. El axón transmite la excitación al tejido efector por vía química con ayuda de una sinapsis. *El axón es la parte efectora de la neurona.*

Colaterales. El axón puede emitir ramas laterales, colaterales; esto sucede con regularidad en las inmediaciones del tejido efector. También las colaterales terminan en sinapsis. Por medio de las colaterales la excitación procedente de una neurona puede ser transmitida a varias células efectoras; es decir, la excitación se dispersa de manera divergente *(principio de divergencia).*

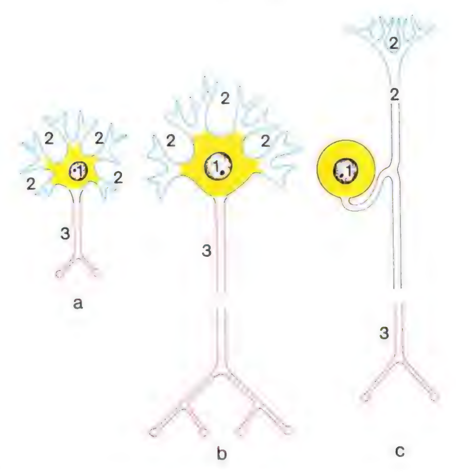


Fig. 40. **División de la neurona, representada en diversas formas de la misma.**
a Célula nerviosa "multipolar" con axón corto (p. ej., célula de conexión)
b Célula nerviosa "multipolar" con axón largo (p. ej., célula motora de la medula espinal de la "vía terminal común motora", neurona motora)
c Célula nerviosa "pseudomonopolar" (aferente, es decir, célula sensitiva)
1 Pericarion
2 Dendritas
3 Axón con colaterales

La **sinapsis** entre células nerviosas puede distinguirse con el microscopio óptico en la "impregnación argéntica" ("preparación de Golgi") como engrosamiento en forma de botón terminal (fig. **41**). Con métodos histoquímico-enzimáticos la sinapsis puede demostrarse mediante la exposición de los enzimas, que desintegran la sustancia química transmisora, el transmisor (tomo 3: Histología; sinapsis).
La transmisión de la excitación tiene lugar mediante la sesión de una sustancia transmisora, el transmisor, en forma de una "neurosecreción en cuantos" de curso rápido, corta duración, dirigida y limitada a un reducidísimo espacio. (Compárese con la prolongada cesión de principios activos a la circulación sanguínea por parte de las glándulas hormonales.)

Sinapsis interneuronales. La ordenación descrita, en la cual la excitación entre dos neuronas, interneuronal, es transmitida desde el axón a las dendritas del siguiente eslabón de la cadena neuronal a través de sinapsis, constituye un ejemplo de las sinapsis *"axodendríticas"*, que son las más frecuentes.

De éstas se diferencian las sinapsis *"axosomáticas"*, en las que la excitación es transmitida al pericarion (soma) de la neurona siguiente, así como las sinapsis *"axoaxónicas"* en las que un axón inerva al otro. Probablemente estas localizaciones están en conexión con una acción inhibidora de la sinapsis.

Fig. 41. **Sinapsis axodendrítica**, visualización mediante impregnación argéntica.
(Aumento, aprox. 200 diámetros)
1 Terminaciones en forma de botón de los axones de las células nerviosas inervadoras
2 Dendritas de la célula nerviosa inervada
3 Pericarion
4 Axón

Según la función se distinguen sinapsis *excitantes*, que excitan las células receptoras o las impulsan a la emisión de excitaciones, y sinapsis *inhibidoras* que inhiben la formación de una excitación en la célula receptora. Otra distribución funcional se basa en el tipo de sustancia transmisora. En las sinapsis *colinérgicas*, por ejemplo, el transmisor es la acetilcolina, en las sinapsis *adrenérgicas* (aminérgicas) es la noradrenalina (→ Fisiología).

Sinapsis mioneuronales y otras modalidades de formación y *transmisión de la excitación.* Los eslabones "iniciales" y "terminales" de cadenas neuronales que intervienen en la formación del sistema nervioso periférico, de los nervios, poseen una peculiaridad que difiere del mencionado ejemplo de un "eslabón intermedio":
El *"eslabón inicial"* (sensitivo), la *"primera neurona de la conducción aferente"* puede ser excitada mediante procesos en una *célula receptora* (pág. **127**), o bien directamente por medio de un estímulo específico (mecánico, químico, térmico, electromagnético), el cual es recogido por la *prolongación dentrítica como "receptor"* (→célula receptora primaria, pág. 127). El *eslabón terminal* (motor), el *"tramo terminal motor común"* termina en el tejido efector, por ejemplo en una fibra muscular esquelética, en otros casos en una célula glandular en las inmediaciones de células musculares lisas, células musculares cardíacas, etc., con una *sinapsis.* A diferencia de las "sinapsis interneuronales", estas sinapsis se denominan *"mioneuronales"* o *"neuroglandulares"*. La diferencia con las sinapsis interneuronales reside únicamente en detalles (fig. **42**).



Fig. 42. **Sinapsis mioneural.** Representación por impregnación argéntica.
(Aumento, aprox. 800 diámetros.)
1 Terminales en forma de botón de las colaterales ("placa terminal motriz") de la célula nerviosa inervadora
2 Fibra muscular estriada horizontal inervada

Se denominan *sinapsis a distancia* (à distance) unas dilataciones presinápticas del axón que contienen transmisores y que no poseen el estrecho espacio de separación con las células inervadas características de las sinapsis interneuronales. El abultamiento limita libremente en el espacio de tejido conjuntivo. Los transmisores, al igual que las hormonas de los órganos endocrinos, son liberados en la hendidura de tejido conjuntivo y a través de ésta alcanzan simultáneamente varias células del tejido efector; la excitación no es tan "dirigida" como en las sinapsis interneuronales. Las sinapsis "a distancia" son características de las terminaciones del axón postganglionar del simpático.
Se habla de *sinapsis "de paso"* (en passant) cuando un axón presenta repetidamente despliegues presinápticos de la vaina de Schwann que contienen transmisores.
Las sinapsis son partes extraordinariamente sensibles de la cadena neuronal. El transmisor, sintetizado en el pericarion o en el extremo del axón, es almacenado y liberado en el extremo del axón; excita la célula nerviosa. Algunos transmisores sufren con ello una desintegración y sus fragmentos son reabsorbidos para una renovada síntesis. Otros pueden penetrar nuevamente en el extremo axónico sin sufrir modificación. Cada uno de estos procesos puede ser influido por fármacos (→ Fisiología). Algunos fármacos también actúan en la sinapsis.

Formas de neurona

La distribución de la neurona en dendrita, pericarion y axón está *muy modificada* en las diversas neuronas, con lo que resultan formas características de neuronas, que aparecen con evidencia máxima en la preparación con impregnación argéntica ("preparación de Golgi") (figs. **40** y **43**). Las diversas formas de neuronas se presentan regularmente en determinados y conocidos enlaces funcionales, como muestran los siguientes ejemplos. A este respecto, las neuronas cuyo axón o prolongación dendrítica alcanza al sistema nervioso periférico, forman con la periferia una unidad funcional.
Las **neuronas motoras** se caracterizan casi siempre por un árbol dendrítico muy ramificado en la cercanía inmediata del pericarion y por un axón muy largo (tomo 3: Histología; células piramidales de la corteza cerebral, células de Purkinje de la corteza cerebelosa). Esto también es válido para el "eslabón terminal" de la cadena neuronal, la célula nerviosa multipolar de la medula espinal cuya neurita va hasta el músculo (fig. **43**).

Unidad neuromuscular. El axón de una única célula nerviosa del asta anterior de la medula espinal o de una neurona o motora de un nervio craneal inerva a través de colaterales constantemente una multiplicidad de fibras musculares desde aproximadamente 20 en los músculos oculares, hasta aproximadamente 300 en el m. glúteo mayor. La neurona y las fibras musculares dependientes de la misma forman una "unidad neuromuscular" (motora).

Las **neuronas sensitivas** ("primera neurona de la conducción aferente") tienen casi siempre una prolongación dendrítica muy larga y que no se ramifica hasta llegar a la periferia, mientras que el axón en muchos casos es más corto que la prolongación dendrítica (tomo 3: Histología; célula nerviosa pseudounipolar, célula nerviosa bipolar) (fig. **43**).

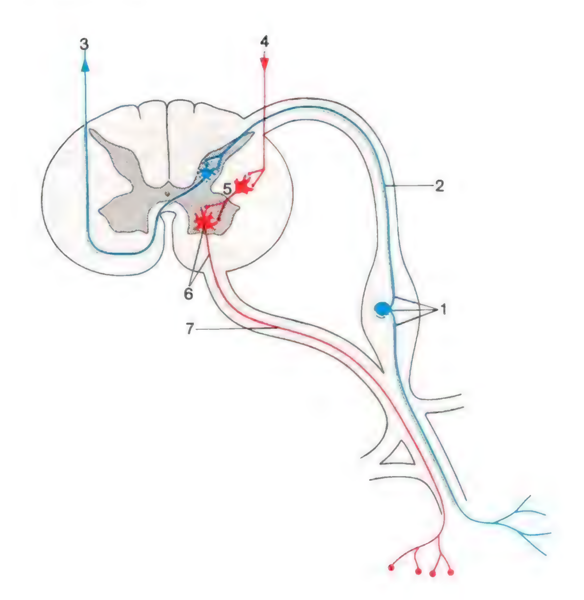


Fig. 43. **Conexión de una cadena neuronal en círculos neuronales, en un corte de la medula espinal.**

1 *Comienzo de la cadena neuronal:* primera neurona aferente
2 Axón de la primera neurona aferente que penetra en la medula espinal a través de la raíz posterior de los nervios raquídeos.
3-5 *Eslabones de los circuitos de neuronas* en el sistema nervioso central
3 Segunda neurona aferente
4 Neurona eferente
5 Neurona de conexión
6 *Término de la cadena neuronal:* última neurona eferente ("vía terminal común motora")
7 Axón de la última neurona eferente que abandona la medula espinal a través de la raíz anterior de los nervios raquídeos.

Unidad sensorial. El territorio inervado por las ramificaciones de una sola prolongación dendrítica –en la córnea del ojo, por ejemplo, unos 200 mm^2– constituye, conjuntamente con la neurona correspondiente, una "unidad sensorial". Los territorios de inervación cercanos pueden superponerse.

Los conceptos *"sensitivo"* y *"sensorial"* se utilizan de un modo dispar para las conducciones aferentes. Frecuentemente las aferencias procedentes de la piel y del aparato locomotor se denominan "sensitivas", las de los órganos de los sentidos especiales se denominan "sensoriales".

La denominación usual en determinadas formas de células nerviosas, "multipolar" o "pseudounipolar", caracteriza la modalidad de ramificación de las prolongaciones de las neuronas. Cada una de estas células nerviosas está distribuida en principio de forma bipolar.

b) Fibra nerviosa

El *axón* de cada célula nerviosa está acompañado en la totalidad de su trayecto, desde el punto de partida en el pericarion hasta el tejido efector, por células de neuroglia que forman una vaina de neuroglia alrededor de los axones; sólo el final del axón queda descubierto.

En el SNC la vaina de neuroglia está formada por *neuroglia central* (oligodendroglia), en el SNP *está formada por neuroglia periférica* (células de Schwann) (tomo 3: Histología; neuroglia).

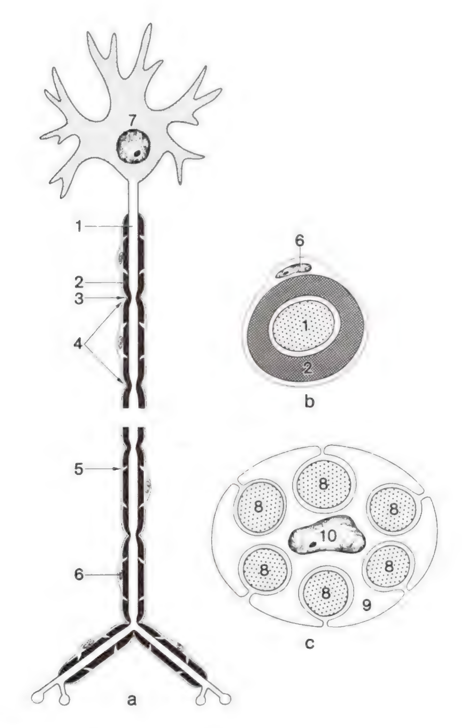


Fig. 44. **Fibra nerviosa.**
a Corte longitudinal
b Corte transversal a través de una fibra nerviosa portadora de vaina mielínica
c Corte transversal a través de una fibra sin vaina mielínica

1 Axón
2 Vaina mielínica
3 Anillo estrangulador ("nódulo de Ranvier")
4 Internodio
5 Escotadura de Schmidt-Lanterman
6 Núcleo celular de la vaina de neuroglia (núcleo de Schwann)
7 Pericarion con dendritas
8 Axón
9 Vaina de neuroglia que no forma mielina e incluye varios axones (sólo detectable al microscopio electrónico)
10 Núcleo celular de la vaina de neuroglia

En consideración a la situación central del *axón* en la vaina de neuroglia, ésta se denomina también cilindroeje. *Axón y vaina de neuroglia (vaina axónica constituyen en conjunto la fibra nerviosa. La vaina de neuroglia puede envolver el axón de dos maneras (tomo 3: Histología; fibra nerviosa).*

Fibras nerviosas portadoras de vaina mielínica

La vaina de neuroglia puede formar en torno a un axón aislado una *vaina de mielina rica en lípidos (vaina mielínica)*; se origina una *fibra nerviosa portadora de vaina mielínica* (fig. **44**). Los lípidos de la vaina mielínica prestan a las fibras nerviosas un aspecto blanquecino (sustancia blanca). Según el espesor de la vaina mielínica se distinguen fibras *A, ricas en mielina*, y *fibras B, pobres en mielina.*

La vaina mielínica está interrumpida a intervalos regulares de 0,2-1 mm de longitud por los *nódulos de Ranvier* y dividida en *segmentos interanulares (internodios)*. Los nódulos son el fundamento morfológico de la transmisión a saltos de la excitación (→ Fisiología). El diámetro de las fibras se comporta con respecto a la longitud del internodio en una relación de 1:100. La velocidad de conducción de la excitación aumenta con el diámetro de la fibra. La velocidad de conducción,

Tabla **2.** Grupos de fibras nerviosas

Grupo	Corte transversal de la fibra nerviosa	Velocidad de conducción (homeotermos)	Ejemplo
Fibras nerviosas mielínicas			
A α	10–20 µm	60–120 m/s	fibras nerviosas motoras a fibras musculares esqueléticas
β	7–10 µm	40–60 m/s	fibras nerviosas sensitivas de la piel (sensación táctil)
γ	4–7 µm	30–40 m/s	fibras nerviosas motoras a husos musculares
δ	3–4 µm	15–30 m/s	fibras nerviosas sensitivas de la piel (sensación de frío, calor, dolor)
B	1–3 µm	3–15 m/s	fibras nerviosas vegetativas preganglionares
Fibras nerviosas amielínicas			
C	0,3–1 µm	0,5–2 m/s	neuronas vegetativas postganglionares

dependiente del diámetro de la fibra y la longitud del internodio es de 3-120 m/s (tomo 3: Histología; fibra nerviosa).
Las fibras nerviosas mielinizadas se subdividen en **grupos de fibras** (tabla **2**).

Fibras nerviosas amielínicas

La vaina de neuroglia puede simultáneamente encerrar varios axones, con lo que no se forma la vaina mielínica. Por tanto, resulta una *fibra nerviosa amielínica* (fig. **44**). La velocidad de conducción en fibras nerviosas amielínicas es menor de 2 m/s (tabla **2**).

2. Principios estructurales del sistema nervioso

Los conocimientos sobre las relaciones neuronales en el sistema nervioso fueron obtenidos primordialmente mediante exploraciones sobre la degeneración retrógrada (ascendente), la degeneración secundaria (descendente) y la mielogénesis, así como con métodos de la microscopia fluorescente y del transporte retrógrado de sustancias de marcaje en los axones (tomo 3: Histología; métodos de investigación de las relaciones neuronales).

a) Cadenas neuronales y circuitos neuronales

Las neuronas están dispuestas en el sistema nervioso central (encéfalo y medula espinal) y en el sistema nervioso periférico de manera regular, forman *cadenas neuronales y circuitos neuronales* (fig. **39**). Cada eslabón de estas cadenas y circuitos está constituido por unas pocas hasta decenas de miles de neuronas dirigidas en el mismo sentido, cuyas dendritas y pericarion, "células nerviosas, se acumulan en una zona determinada y cuyos axones discurren conjuntamente por determinados caminos en forma de fibras nerviosas. Los acúmulos de pericariones y fascículos de fibras nerviosas son en gran parte visibles macroscópicamente. La disposición de los 10 mil millones de neuronas aproximadamente en sistemas determina la configuración y estructura interna del sistema nervioso.

Las dendritas y axones, a través de las cuales las células nerviosas establecen contacto entre sí y con los órganos efectores, importan según cálculos aproximados una longitud total de 300 000-400 000 km (distancia tierra-luna).

Sustancia gris y blanca

En *cortes* a través del *encéfalo* o la *medula espinal* pueden distinguirse regiones de color rojizo o marrón grisáceo, la *sustancia gris*, de otras áreas blancas brillantes, la *sustancia blanca* (fig. **45**).
La **sustancia gris** contiene los *pericariones y dendritas* de, a menudo, muchos millones de neuronas. Los pericariones de las neuronas que dentro de una cadena neuronal representan el mismo eslabón de la cadena, están con frecuencia claramente delimitados de pericariones que pertenecen a otro eslabón de la cadena. Una acumulación de pericariones así deli-

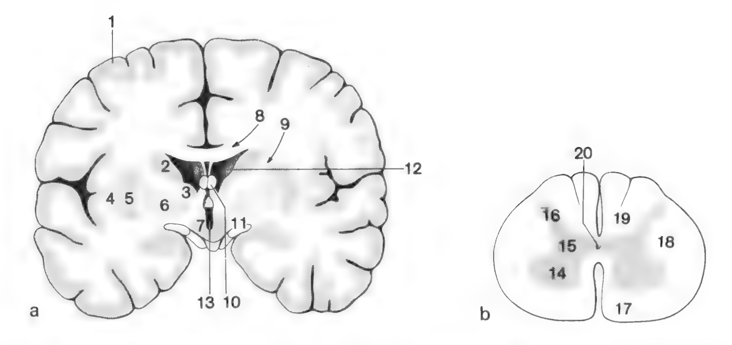


Fig. 45. **Distribución de las sustancias gris y blanca en el sistema nervioso central.**
a Corte frontal a través del cerebro
b Corte transversal de la medula espinal
1-7 *Sustancia gris del cerebro*
1 Corteza cerebral
2-6 Núcleos subcorticales
2 Núcleo caudado
3 Tálamo
4 Claustrum
5 Putamen
6 Globus pallidus
7 Núcleos del hipotálamo
8-11 *Sustancia blanca del cerebro*
8 Cuerpo calloso
9 Cápsula interna
10 Fórnix o trígono
11 Tracto óptico (vía óptica)
12 Ventrículo lateral
13 III ventrículo
14-16 *Sustancia gris de la medula espinal*
14 Asta anterior
15 Asta lateral
16 Asta posterior
17-19 *Sustancia blanca de la medula espinal*
17 Cordón anterior
18 Cordón lateral
19 Cordón posterior
20 Canal central o canal ependimario

mitados de un determinado eslabón de una cadena neuronal es denominada *"zona nuclear"*, *núcleo* (en localizaciones especiales también *corteza, cuerpo*, etc.). Dado que en las dendritas de los pericariones de una región discurren excitaciones de otras cadenas, y dado que en los axones que abandonan un territorio nuclear las excitaciones procedentes de este territorio alcanzan los pericariones de otras cadenas, la *distribución* de la *sustancia gris* observada en un corte cerebral otorga una visión en la *ordenación global de las "zonas de conexión" de las* cadenas neuronales.
La **sustancia blanca**, consta frecuentemente de muchos millones de *fibras nerviosas* agrupadas en fascículos, que van y vienen de territorios nucleares. Los fascículos nerviosos de igual trayecto forman una *"vía"*, llamada *tracto o fascículo* (en lugares especiales también *fibras*).

Con ayuda de una espátula puede disociarse macroscópicamente el curso de las fibras de las vías, especialmente después de la congelación transitoria que hace el tejido más laxo.

Las vias de distintos territorios nucleares discurren juntas, a menudo durante largos trechos. Las vías individuales, su origen y su destino, no son fáciles de distinguir. Para ello son necesarios métodos especiales de

exploración de las relaciones neuronales. Numerosos haces de fibras conducen fibras nerviosas opuestas (aferentes y eferentes).

Ganglios y nervios

Al igual que en el SNC, también en el SNP los pericariones y fibras nerviosas son distintas según su localización, pero distribuidos con regularidad en la división neuronal. Como quiera que el sistema nervioso periférico se extiende a partes alejadas del cuerpo, es posible que la distinción entre pericariones y fibras nerviosas –sustancia gris y blanca– no pueda detectarse en un solo corte, pero se hace evidente cuando se sigue todo el trayecto de los *nervios*; éstos presentan en determinadas localizaciones engrosamientos nodulares, *ganglios*.

Los **ganglios** son engrosamientos de milímetros hasta centímetros en los nervios o raíces nerviosas. A semejanza de los territorios nucleares del SNC, se originan mediante acúmulos de células nerviosas (pericariones) que durante el desarrollo embrionario emigran del esbozo del sistema nervioso (cresta neural) y se sitúan en la periferia. Los ganglios del sistema nervioso periférico son ganglios sensitivos o bien ganglios vegetativos (tomo 3: Histología; ganglios).

Los **ganglios sensitivos** (fig. **46**) contienen los pericariones de las neuronas sensitivas (→ "primera neurona de la conducción aferente", pág. 113). En los pericariones de estas "células nerviosas pseudounipolares" no existe ninguna sinapsis; la excitación aferente atraviesa el ganglio sensitivo *"sin conexión"*. Ganglios sensitivos son los ganglios espinales y los ganglios de los nervios craneales sensitivos.

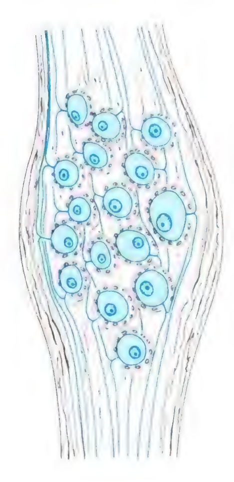


Fig. 46. **Ganglio sensitivo**, contiene los pericariones de neuronas sensitivas.

En los *ganglios vegetativos, ganglios orgánicos* (fig. **47**), por el contrario, están comprendidos los pericariones y dendritas de neuronas vegetativas (→ "segunda neurona de la conducción vegetativa eferente", pág. 141). En éstas terminan con *sinapsis* las neuritas de "la primera neurona de la conducción eferente vegetativa"; la excitación eferente es "conectada" en el ganglio vegetativo. Son ganglios vegetativos los ganglios paravertebrales del cordón limitante simpático, los ganglios prevertebrales y los ganglios intramurales, así como los ganglios vegetativos de los nervios craneales.

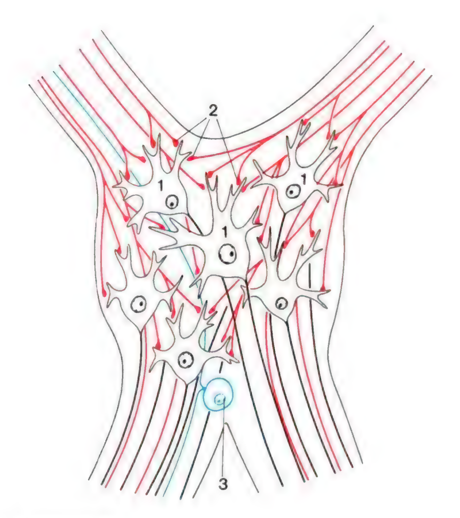
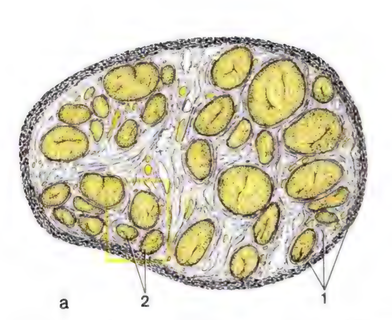


Fig. 47. **Ganglio vegetativo.**
1 Pericariones de la segunda neurona de la conducción eferente vegetativa
2 Axones de la primera neurona de la conducción eferente vegetativa
3 Pericariones de neuronas sensitivas

Los **nervios** son, *comparados con las vías del encéfalo y medula espinal, vías periféricas* (conjuntamente con los vasos son denominados "vías de conducción periférica"). En los nervios se agrupan haces de fibras nerviosas. Un nervio que es portador de fibras nerviosas sensitivas y motoras o fibras nerviosas de distintos grupos de fibras se denomina *"nervio mixto"*. Los nervios *puramente motores* o *puramente sensitivos* contienen de un modo claramente predominante fibras nerviosas motoras o sensitivas respectivamente. Las diversas porciones de fibras se ramifican en distintos lugares del nervio, su composición, por tanto, se modifica durante el trayecto desde y hacia los (distintos) órganos efectores.

b) Nervio

Las *fibras nerviosas* de un nervio están reunidas por medio de tejido conjuntivo (fig. **48a, b**). Este está dispuesto en un sistema intrincado característico que consta de tres capas, progresivamente desde las unidades menores a las mayores (tomo 3: Histología; nervios).
Se denomina **endoneurio** el tejido conjuntivo fino portador de fibras colágenas entre las fibras nerviosas; contiene capilares sanguíneos y vasos linfáticos.
Perineurio. Haces de unos pocos hasta varios centenares de fibras nerviosas son reunidos por tejido conjuntivo duro en forma de cable *(perineurio).* Dentro de los cables las fibras nerviosas adoptan un curso espiral; gracias a ello es posible un alargamiento pequeño del nervio sin que tenga lugar una distensión de las fibras nerviosas (longitud de reserva). Por el contrario, en el cerebro y en la medula espinal, en los que las fibras nerviosas no están sometidas a distensión alguna, este trayecto es recto.
Epineurio. Los cables de fibras nerviosas envueltos por el perineurio están unidos entre sí y con el entorno por medio de tejido laxo conductor de fibras, el *epineurio*; pueden ser aisladas del epineurio en preparaciones macroscópicas. El epineurio permite un desplazamiento de los cables de fibras nerviosas unos respecto de otros por encorvadura del nervio, pero, al igual que el perineurio, se opone a una hiperdistensión.



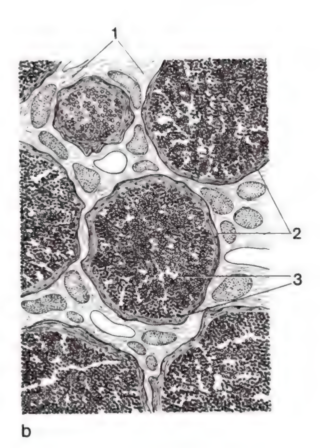



Fig. 48. **Tejido conjuntivo en los nervios.**
a Corte transversal a través de un nervio
b Corte de a con mayor aumento
1 Epineurio
2 Perineurio
3 Endoneurio

Regeneración de los nervios. Los nervios periféricos pueden regenerarse después de ser seccionados. Condición precisa para el restablecimiento funcional es una sutura del nervio. Para ello, las estructuras de tejido conjuntivo del muñón proximal y distal se suturan uno contra otro. Los axones que crecen a partir del muñón proximal alcanzan por esta vía el órgano efector (tomo 3: Histología; fibra nerviosa, regeneración). Las mitosis de neuroblastos en el hombre después del nacimiento ya no se observan más; la cantidad de células nerviosas del SNC ya no aumenta más después del nacimiento.

c) Sistema nervioso central y periférico

En la actividad del sistema nervioso desempeña un papel importantísimo la *percepción del estímulo*, la *elaboración (integración)* de la excitación originada por el estímulo y la *"respuesta"* resultante de la elaboración. El proceso puede cursar por distintos planos. El se refleja en la distribución del sistema nervioso.

Sistema nervioso central

Las *zonas de integración* se encuentran en el encéfalo y medula espinal, en el *sistema nervioso central.* La mayor parte del SNC está al servicio de la correlación de actividades del aparato locomotor. La representación de los sistemas orgánicos restantes en la masa del sistema nervioso central es, por el contrario, escasa, pero necesaria para la vida.

El peso promedio del encéfalo humano del hombre es insignificantemente mayor (1434 g) que el de la mujer (1306). La diferencia obedece a la distinta intensidad de desarrollo del aparato locomotor, específica del sexo.

La *integración* de las excitaciones que llegan al encéfalo y medula espinal puede tener lugar en los planos siguientes:
– en el plano inferior como *reflejo "incondicionado" (preformado),*
– en el plano superior como *reflejo "condicionado" (aprendido),*
– en el plano supremo como *acción voluntaria.*
Además de ello la motilidad es evidenciada por medio de *automatismos, movimientos impulsivos y expresivos*, que, igualmente, son provocados por excitaciones de presentación intermedia, pero que también pueden ser formados espontáneamente.
Los **reflejos incondicionados** son connatales, es decir, existe un arco reflejo preformado. El reflejo incondicionado es provocado por un *estímulo adecuado.* Las funciones de un organismo son mantenidas por numerosos reflejos incondicionados.
Los **reflejos condicionados** *(elaborados por condicionamiento)* deben ser *aprendidos* individualmente, es decir, el arco reflejo debe primero ser formado funcionalmente. El reflejo condicionado se origina por *condicionamiento*, con la condición del acoplamiento repetido de un *estímulo adecuado con uno inadecuado.*

Los reflejos condicionados desempeñan un papel en el adiestramiento y en la adaptación de un organismo a su ambiente.
La función del SNC no se limita a la respuesta a los estímulos que recibe, sino que además origina *actividades espontáneas* que están fijadas genéticamente y que se manifiestan por ejemplo en el aparato locomotor.
Además, posibilita la actividad cerebral del hombre para *capacidades mentales* (aprendizaje, memoria, capacidad de enjuiciamiento, fantasía, lenguaje) que, reconocibles o no, están en dependencia con las funciones de correlación e integración y que habitualmente son designadas como "funciones superiores" del SNC. Los fundamentos anatómicos de dichas capacidades sólo son conocidos en una pequeña parte.
La *variedad de cuestiones planteadas* referentes a las funciones del sistema nervioso ha dado ocasión al desarrollo de *diversos métodos* de estudio de dicho sistema en el sentido más amplio y en consecuencia a *distintas disciplinas*, de las cuales las siguientes están inmediatamente vinculadas a la actividad médica:
La *psicología* dedica su atención a las "manifestaciones normales espirituales-intelectuales" en una transitoria "autopercepción de un proceso neurológico" (JODL), sin que (hasta ahora) las causas de estas manifestaciones hayan sido (o podido ser) suficientemente relacionadas con las estructuras y funciones del sistema nervioso. El *estudio del comportamiento* se basa en principios psicológicos experimentales.
La *psiquiatría* tiene por objeto el diagnóstico y terapia de las "manifestaciones espirituales-intelectuales patológicas" con objeto de detectar relaciones causales entre estructuras (lesionadas) y funciones (alteradas) del sistema nervioso. Esto se consigue todavía en limitado margen con la ayuda de la investigación *neuroquímica, neurofisiológica* y *neurofarmacológica*.
La *neurología* (incluida la *neurocirugía*) está basada en un fundamento más asegurado de conocimientos neuroanatómicos y neurofisiológicos; el *diagnóstico neurológico es anatomía aplicada*.

Sistema nervioso periférico

Nervios craneales y nervios espinales (fig. **49**). El SNC está conectado con el resto del organismo a través de 12 pares de *nervios craneales* y 31 pares de *nervios espinales. La suma de todos los nervios y los ganglios nodulares* –acúmulos de células nerviosas, "células ganglionares" (pericariones) que durante el desarrollo embrionario, a partir del esbozo del sistema nervioso, emigran a la periferia– constituye el *sistema nervioso periférico, SNP.*
Fibras nerviosas aferentes y eferentes (figs. **50** y **51**). El *estímulo* es percibido por receptores y da lugar a una *excitación* que, mediante *fibras nerviosas aferentes* de neuronas sensitivas ("primera neurona de la conducción aferente"), es conducida a la medula espinal o al encéfalo. La integra-

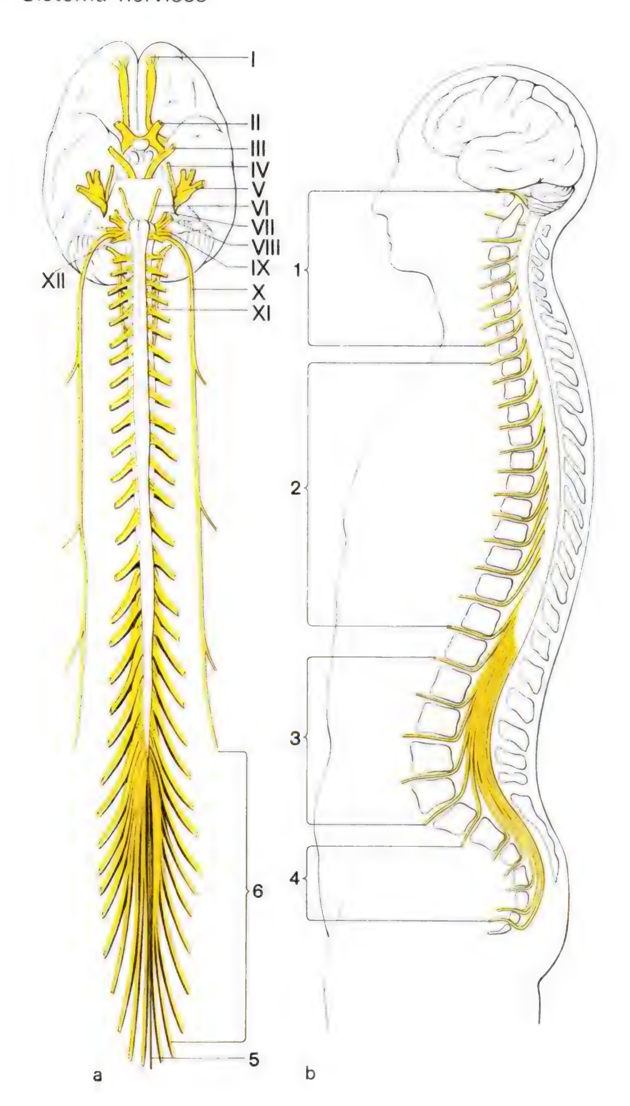


Fig. 49. **Nervios craneales y raquídeos.**
a Visión ventral
b Visión lateral. Correspondencia de los nervios raquídeos con los segmentos de la columna vertebral.

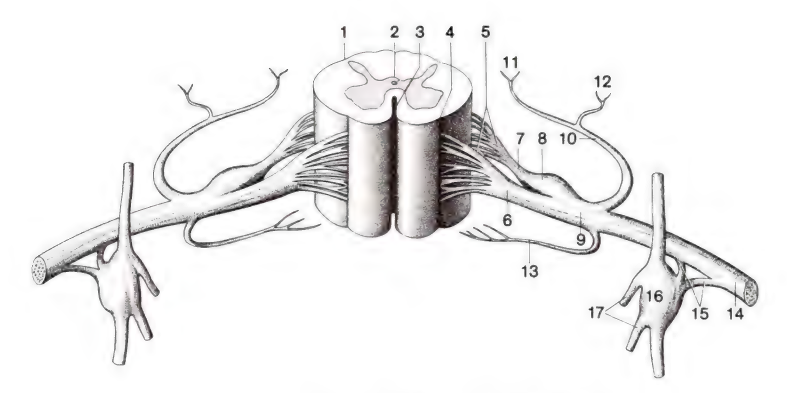


Fig. 50. **Esquema de un segmento medular, con sus nervios.**

1 Surco dorso-lateral (entrada de la raíz posterior)
2 Surco medio-dorsal (posterior)
3 Cisura media-ventral (anterior)
4 Surco ventro-lateral (salida de la raíz anterior)
5 Filamento radicular
6 Raíz ventral
7 Raíz dorsal
8 Ganglio espinal
9 N.espinal (n.raquídeo)
10 R.dorsal con R.interno (11) y R.externo (12)
13 R.meníngeo
14 R.ventral
15 Rr.comunicantes
16 Ganglio simpático
17 Nn.esplácnicos

ción en el SNC tiene lugar casi siempre por medio de la conexión intermedia con otras neuronas en el SNC.

En los *"lugares de conexión"* pueden establecerse "conexiones" adicionales procedentes de partes superiores del SNC. Esto es especialmente válido para las células nerviosas motoras, "motoneuronas", cuyos axones abandonan el SNC para dirigirse como "segmento terminal motor común" al órgano efector. Mediante las *sinapsis* las neuronas reciben también excitaciones de sistemas superiores, los cuales influyen (incrementando o inhibiendo) en las excitaciones de las motoneuronas.

◄ I-XII *Nervios craneales*
I Nn.olfatorios
II N.óptico
III N.motor ocular común
IV N.patético
V N.trigémino
VI N.motor ocular externo o lateral
VII N.facial
VIII N.vestibular o n.estáto-acústico
IX N.glosofaríngeo
X N.vago o pneumogástrico
XI N.accesorio o espinal
XII N.hipogloso mayor

1-4 *Nervios raquídeos*
1 Nn.cervicales
2 Nn.torácicos
3 Nn.lumbares
4 Nn.sacros y nervio coccígeo
5 Filamento terminal
6 Cola de caballo = raíces nerviosas de la medula espinal y filamento terminal caudal de la 1.ª-2.ª vértebra lumbar

La *"respuesta"* es transmitida mediante *fibras nerviosas eferentes*, axones de neuronas motoras, al órgano efector (fibra muscular esquelética con conexión intermedia de un ganglio vegetativo; también a células musculares lisas, células musculares cardiacas, células glandulares etc.) a través de estructuras efectoras, las *sinapsis*. Las fibras nerviosas aferentes y eferentes salen o entran separadamente en la raíz anterior o posterior de la medula espinal, pero en la periferia discurren juntas durante largos trechos reunidas en haces como nervios.

Los trastornos de la excitoconducción pueden ser *centrales* o *periféricos*. Un trastorno de la conducción eferente se denomina *parálisis* (motora); *paresia* es una parálisis incompleta, *parálisis* es completa. Una alteración incompleta de la conducción aferente origina una *hipoestesia*, una alteración completa, una *anestesia* (también llamada *"paresia sensitiva"*).

Fibras nerviosas somáticas y viscerales. La diferenciación entre fibras nerviosas *somáticas* y *viscerales* (fig. **52**) responde a la planificación anatómica de los animales vertebrados, pero *no* se identifica totalmente con la diferenciación funcional usual en medicina (fisiología) en portadores de funciones *animales* y *vegetativas* (→ sistema nervioso de relación y vegetativo).

Las fibras nerviosas *somáticas* unen el SNC con la pared del tronco y las extremidades, las fibras nerviosas *viscerales* (con conexión intermedia de los ganglios vegetativos) lo unen con las vísceras en el sentido más amplio (inclusive de la musculatura lisa y de las glándulas en todas las regiones corporales). Mientras que los nervios espinales están compuestos todos aproximadamente del mismo modo de fibras nerviosas somáticas y viscerales, los nervios craneales se diferencian notablemente tanto de los nervios espinales como también entre ellos mismos. *Las fibras nerviosas somáticas y viscerales* pueden ser aferentes o eferentes. Los nervios espinales conducen las fibras siguientes:

Las fibras nerviosas *somatomotoras* (eferentes) van siempre a la musculatura de estriación horizontal de la pared del tronco y de las extremidades.
Las fibras nerviosas *somatosensitivas* (aferentes) proceden de la piel o de la musculatura (→ husos musculares, husos tendinosos) de la pared del tronco y de las extremidades.

Las fibras nerviosas *visceromotoras* (eferentes) de los nervios espinales (con conexión intermedia de los ganglios vegetativos) van a la musculatura lisa de las vísceras, vasos y glándulas, así como —a partir de los nervios torácicos superiores— al músculo cardiaco.
Las fibras nerviosas *viscerosensitivas* (aferentes) de los nervios proceden de las vísceras.

Respecto a las proporciones en fibras nerviosas viscerales y somáticas de los distintos nervios craneales → pág. 153 ss.

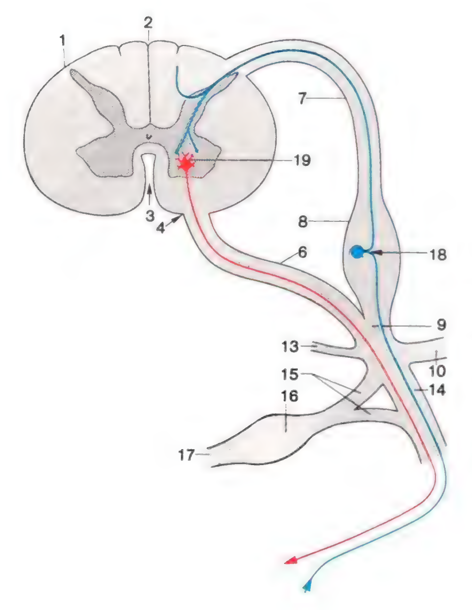


Fig. 51. **Esquema de un segmento medular en un corte horizontal.**
La más simple cadena neuronal entre
medula espinal y músculo esquelético
1-17 Aclaración de las indicaciones → fig. 50
18 Pericarion de la neurona aferente
19 Pericarion de la neurona eferente

Arco reflejo

El arco reflejo –como simplificación abstracta de la actividad nerviosa integrada– consta de las siguientes estructuras "conectadas" ordenadas escalonadamente en forma de cadena, que conducen la excitación desde la zona de origen del estímulo por el SNC hasta el tejido efector:
receptor → neurona aferente (→ neurona de asociación) → neurona eferente → tejido efector.

Receptor. Una célula sensorial portadora de la estructura receptora es denominada *"célula sensorial primaria"* si emite una neurita aferente, o sea, si es simultáneamente la primera neurona de la conducción aferente (p. ej., células sensoriales de la mucosa olfatoria, células visuales de la retina). La *"célula sensorial secundaria"* por el contrario, no posee ninguna neurita. Está conectada delante de la primera neurona de la conducción aferente. Sus dendritas son excitadas a través de la "célula sensorial secundaria" (p. ej., células sensoriales de los órganos gustativos, auditivos y del equilibrio).

Terminación nerviosa libre. En numerosos casos los extremos de las dendritas de la "primera neurona de la conducción aferente" yacen libremente "como" "terminaciones nerviosas libres", sin otros dispositivos auxiliares en el epitelio de la superficie corporal interna o externa o en otro tejido (receptores para estímulos dolorosos, mecánicos, térmicos).

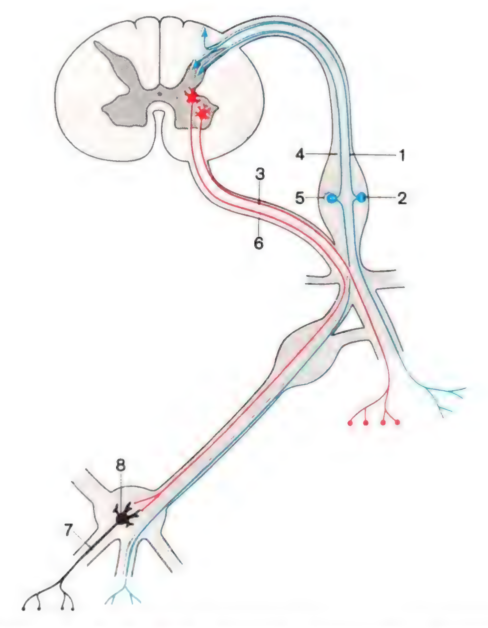


Fig. 52. **División neuronal de las fibras nerviosas somáticas y viscerales de los nervios raquídeos.**

1 Neurona somatosensitiva ("primera neurona de la conducción aferente")
2 Pericarion en el ganglio espinal
3 Neurona somatomotora "motoneurona" ("tramo terminal motor común")
4 Neurona viscerosensitiva
5 Pericarion en el ganglio espinal
6 Primera neurona visceromotora ("fibra nerviosa visceromotora preganglionar")
7 Segunda neurona visceromotora ("fibra nerviosa visceromotora postganglionar")
8 Pericarion en un ganglio vegetativo prevertebral

Organo sensorial. En los casos en los que la célula sensorial (primaria o secundaria) o el extremo dendrítico de la "primera neurona de la conducción aferente", junto con otros componentes tisulares que sirven para la recepción de estímulos, está modificada estructuralmente en un órgano sensorial (p. ej., corpúsculos táctiles, husos musculares y tendinosos, ojo) se habla de un órgano sensorial. Las "células sensoriales secundarias" están siempre integradas en un órgano sensorial (p. ej., órgano de la audición y del equilibrio, yemas gustativas) (tomo 3: Histologia; órganos de los sentidos).

Efector. Las sinapsis efectoras están constituidas según los principios descritos en la página 110 y siguientes, pero presentan algunas diferencias según la modalidad del tejido efector (tomo 3: Histologia; sinapsis mioneurales, sinapsis neuroglandulares).

Reflejos musculares → pág. 146, reflejos viscerales → pág. 162.

d) Sistema nervioso animal y vegetativo (autónomo)

Las actividades del sistema nervioso van dirigidas tanto *hacia el exterior* como *hacia el interior* del organismo. Gracias al sistema nervioso el organismo está en comunicación (pasiva y activa) con su *ambiente*. El sistema nervioso coordina sucesivamente las actividades de los diversos *sistemas de órganos* y las adapta a las variables exigencias del organismo.
Por ello en medicina se distingue usualmente un *"sistema nervioso de la vida de relación"* (*"sistema nervioso ambiental"*) y un *"sistema nervioso vegetativo (autónomo) (sistema nervioso visceral")*. El *sistema nervioso de la vida de relación* regula las "relaciones del organismo con el medio ambiente", es un *"sistema de relación oikotropo"*. Por el contrario, el *sistema nervioso vegetativo* regula el "funcionamiento interno del organismo", es un *"sistema de regulación idiotropo"*.

En la fijación conceptual se introduce, entre otros, el criterio subjetivo "consciente-inconsciente". Parece responder a la experiencia general de que las actividades del sistema nervioso en el campo funcional de la vida de relación penetran profundamente en la conciencia, mientras que las del sistema vegetativo discurren incoscientemente, de un modo autónomo, una imagen que, sin embargo, no es posible mantener en esta generalización.

En el curso de la historia estos dos conceptos fueron definidos —y lo son todavía en la actualidad— dentro de un contorno de amplitud variable. La determinación conceptual en sentido estricto se refiere al sistema nervioso periférico, que, en su concepción más amplia, incluye los correspondientes núcleos y vías del SNC.
Si los conceptos de sistema nervioso de relación y vegetativo se relacionan con los grupos de fibras y células nerviosas fijadas en la planificación anatómica, entonces se encuentran las siguientes concordancias.
En los **nervios espinales** las fibras nerviosas *somáticas* representan el sistema nervioso *de relación*, las fibras *viscerales* del sistema nervioso *vegetativo.*

Las fibras nerviosas *aferentes de relación* (somatosensitivas) proceden de la piel y musculatura de la pared del tronco y extremidades, las fibras *aferentes vegetativas* (viscerosensitivas) proceden de las vísceras. Las fibras nerviosas *eferentes de relación* (somatomotoras) se dirigen siempre a la musculatura estriada de la pared del tronco y extremidades, las *eferentes vegetativas* (visceromotoras) a la musculatura lisa de las vísceras, vasos y glándulas o al músculo cardíaco.

Por el contrario, en los **nervios craneales** ambos pares de conceptos *no son idénticos*. Esta circunstancia está fundamentada ontogénicamente en que en la región cuello-cabeza, *derivados de esbozos viscerales* entran al servicio de la comunicación con el ambiente. Las fibras viscerosensitivas transmiten aquí no sólo excitaciones (inconscientes) de vísceras, sino —en el caso de fibras gustativas— también sensibilidad consciente. Y las fibras visceromotoras no sólo transmiten excitaciones (inconscientes) a la musculatura lisa de las vísceras y a las glándulas, sino también —en el caso de

los nervios craneales V, VII, IX, X y XI– motilidad consciente a la musculatura estriada horizontal (derivada del arco visceral).

Las fibras nerviosas *aferentes de relación* de los nervios craneales vienen de todos los órganos sensoriales "especiales" (denominados superiores); las fibras vegetativas aferentes proceden de las vísceras. Las fibras nerviosas de relación eferentes se dirigen a la musculatura estriada de la cabeza y de los órganos del cuello (músculos externos del ojo, musculatura facial, faríngea y laríngea, m. trapecio, m. esternocleidomastoideo); las fibras vegetativas eferentes van a la musculatura lisa.

Ambos sistemas nerviosos constituyen aspectos parciales de un sistema nervioso único, ambas "partes" actúan en la periferia, más todavía en el órgano central, estrechamente unidas; una delimitación precisa sólo es posible en determinados lugares. A pesar de los reparos mencionados, por motivos didácticos es también conveniente distinguir el sistema nervioso en "de relación" y "vegetativo" en lugares pertinentes.

e) Organos sensoriales

En los *órganos sensoriales* los *receptores*, es decir, las células receptoras o las terminaciones dendríticas de la 1.ª neurona aferente, están mezcladas con *elementos de otros tejidos* –dispositivos auxiliares que sirven para la recepción de estímulos– formando un órgano (tomo 3: Histología; órganos sensoriales).

Los *receptores* de los distintos órganos sensoriales se caracterizan porque son más sensibles a determinados estímulos (formas de energía), concretamente a los estímulos *adecuados* (poseen un umbral más bajo) que a otros. No obstante, también otros estímulos inadecuados pueden originar impulsos en un receptor. La *percepción* entonces originada *es específica,* es decir, del mismo tipo que la producida por el estímulo adecuado (→ Fisiología).
Este fenómeno denominado, *"Ley de la energía específica de los sentidos"* (JOHANNES MÜLLER) no se debe al receptor, sino a la región cerebral específica activada por la aferencia. También los estímulos de la vía aferente en cualquier lugar, así como de la región cerebral específica, provocarían una percepción específica. En el ojo, sensible a la luz, es posible, por ejemplo mediante fuerte presión sobre el mismo, producir percepciones luminosas.
Los receptores, como dispositivos auxiliares, si bien en los diversos órganos sensoriales están especializados para determinados estímulos, no obstante, *una división de los órganos de los sentidos según modalidades sensoriales no corresponde uniformemente a una división funcional de los receptores contenidos en ellos.* Así, por ejemplo, los órganos sensoriales cutáneos (órganos de presión y contacto) y el oído (órgano auditivo) poseen receptores mecánicos, las yemas gustativas y los órganos glomerulares, que miden la tensión parcial de O_2 de la sangre, ambos quimiorreceptores. *No existe, por tanto, ninguna clasificación totalmente satisfactoria de los órganos sensoriales. Estos deben ser explorados individualmente en su estructura y función.*

Los **órganos sensitivos cutáneos** perciben la presión y el tacto, estímulos que proceden del ambiente externo inmediato. Los receptores de los órga-

nos sensoriales cutáneos son llamados por tanto *exteroceptores*. Los órganos sensoriales cutáneos son corpúsculos redondeados o alargados, de tamaño microscópico, hasta milimétricos. Los receptores para el calor y el frío, así como para tipos especiales de contacto (vibración), son por el contrario (probablemente) terminaciones nerviosas libres, que también transmiten la sensación dolorosa.

Organos sensoriales de la sensibilidad profunda, situados en los músculos, en los tendones y en las cápsulas articulares, son excitados por estímulos de distensión del aparato locomotor, por lo que son llamados *propioceptores*. Entre los órganos sensoriales de la sensibilidad profunda se consideran los *husos musculares* y los *corpúsculos tendinosos de Golgi* (tomo 3: Histología; sentidos cutáneos, sensibilidad profunda).

Como **órganos de la sensibilidad visceral** se agrupan distintas estructuras; sus receptores se llaman *interoceptores (visceroceptores)* y se diferencian según su especialización (tomo 3: Histología; órganos de la sensibilidad visceral).

Los *corpúsculos laminares* en las proximidades de las vísceras y de los grandes vasos, de tamaño microscópico hasta milimétricos, perciben la tensión o la gravedad; poseen *presorreceptores* y *barorreceptores*. Una mayor importancia como presorreceptores la poseen, no obstante, las *terminaciones nerviosas libres* en forma de malla en el pulmón, en la pared de los grandes vasos y en partes de la pared cardíaca.

Los *órganos glomerulares (glomus caroticum, glomus aorticum),* corpúsculos del tamaño de un guisante, miden la tensión parcial de O_2 en la sangre, poseen *quimiorreceptores* (tomo 3: Histología; quimiorreceptores).

Otros interoceptores que miden la temperatura sanguínea en la cabeza, el pH del líquido cefalorraquídeo, la tensión osmótica del plasma sanguíneo y la diferencia de glucemia arteriovenosa, según exploraciones fisiológicas, se encuentran *en el propio cerebro;* las estructuras mensurantes —órganos sensoriales o receptores— son aún desconocidos.

Como **órganos sensoriales "especiales"** o *"superiores"* se comprenden el órgano facial, el auditivo, el gustativo y el del equilibrio. El facial, el auditivo y el olfatorio, dado que perciben procesos lejanos, se llaman *teleceptores*. El órgano olfatorio y el gustativo poseen *quimiorreceptores,* el auditivo y el del equilibrio *mecanorreceptores*.

El ojo es el órgano visual; el *oído* el órgano auditivo; la *mucosa nasal* en la zona superior de la cavidad nasal, el órgano olfatorio. Las *yemas gustativas,* en las papilas de los bordes laterales de la lengua y de la base de la lengua, forman en conjunto el órgano gustativo. Los *conductos semicirculares* utrículo y sáculo —formaciones del laberinto del oído interno— son el órgano del equilibrio, en el que se mide la aceleración angular o lineal de la cabeza.

B. Planificación anatómica del sistema nervioso

1. Encéfalo y medula espinal

La división del SNC se explica a partir del desarrollo orgánico embrionario y fetal (fig. **53**). Del tubo neural, ensanchado en la *región cefálica*, proceden el *cerebro anterior*, el *prosencéfalo*, el *mesencéfalo* y el *rombencéfalo*. En la *región del tronco*, del tubo neural se origina la *medula espinal*. La *división del encéfalo* se acompaña de una división del espacio cavitario del esbozo encefálico en *sistema ventricular* (tomo 4: Embriologia; sistema nervioso central, cresta neural).

La **medula espinal** contiene un estrecho *canal central*. La medula espinal es la parte más simplemente constituida del SNC, un órgano reflejo que por medio de los nervios espinales está unido a la pared del tronco y extremidades, así como a las vísceras del tronco. La *sustancia gris*, de situación central, contiene los pericariones de las conducciones eferentes de los

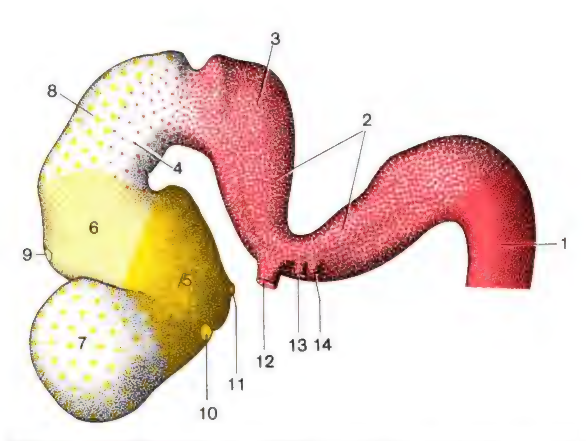


Fig. 53. **Esbozo encefálico de un embrión humano de 12,84 mm de longitud vértex-cóccix** (según HOCHSTETTER).
Los esbozos de la sustancia gris de las distintas partes del encéfalo están marcadas de distinto color (→ figs. 54, 55 y 56).

- Derivados del rombencéfalo
- Derivados del prosencéfalo

1 Mielencéfalo
2 Metencéfalo con esbozo del cerebelo (3)
4 Mesencéfalo
5, 6 Diencéfalo
5 Hipotálamo
6 Tálamo
7 Telencéfalo
8 Mesencéfalo
9 Esbozo de la epífisis
10 Quiasma óptico
11 Infundíbulo
12 N.trigémino
13 N.facial
14 N.estato-acústico

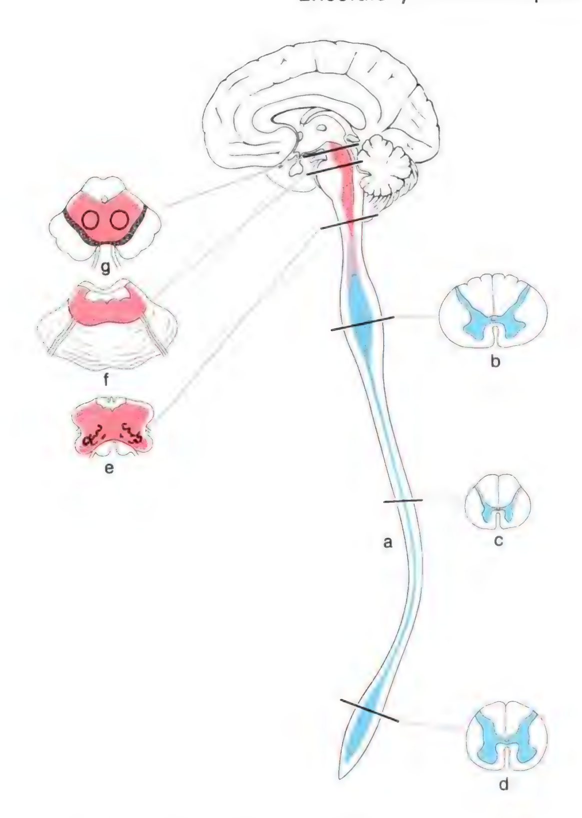


Fig. 54. **Distribución de la sustancia gris de la medula espinal** y **de la calota del rombencéfalo del tronco cerebral**

a Corte longitudinal
b-g Cortes transversales
b Intumescencia cervical
c Medula torácica
d Intumescencia lumbar
e Mielencéfalo
f Metencéfalo
g Mesencéfalo

nervios espinales. Además de ello, la medula espinal está bajo la influencia de las partes superiores del SNC. Las conexiones con éste rodean a la sustancia gris como *sustancia blanca* –vías ascendentes detrás, al lado y delante ascendentes y descendentes–. A la medula espinal se juntan en la parte craneal las partes encefálicas procedentes del rombencéfalo: medula oblonga o bulbo raquídeo, puente o protuberancia, y mesencéfalo.

Rombencéfalo. Por todo el rombencéfalo corre una *sustancia gris* central comparable a la de la medula espinal, la *calota del rombencéfalo*, que

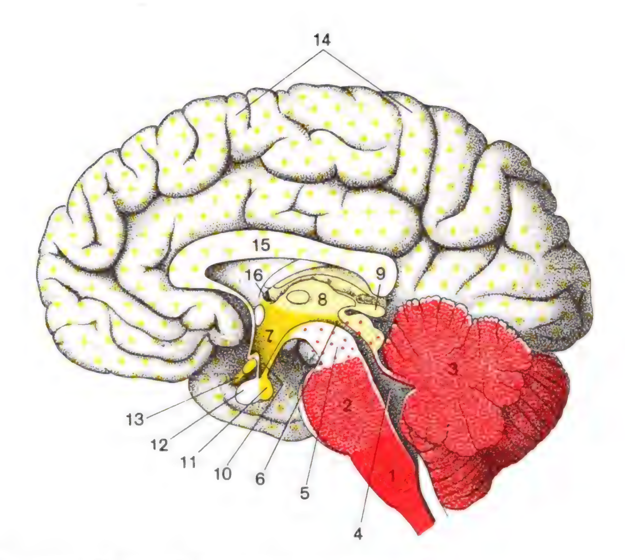


Fig. 55. **Corte sagital medio a través del encéfalo.**
■ Derivados del rombencéfalo
□ Derivados del prosencéfalo (→ figs. 53 y 54)

1 Mielencéfalo
2 Metencéfalo (puente) con cerebelo (3)
4 IV ventrículo
5 Mesencéfalo
6 Acueducto cerebral (de Silvio)
7 Hipotálamo y tálamo (8) con pared del III ventrículo
9 Epitálamo (epífisis)
10 Infundíbulo
11 Neurohipófisis
12 Adenohipófisis
13 N.óptico y quiasma óptico
14 Telencéfalo
15 Cuerpo calloso
16 Foramen interventricular entre el III ventrículo y los ventrículos laterales

contiene los *territorios nucleares de los nervios craneales*, así como un "aparato propio" de los nervios craneales, la formación reticular (fig. **54**).

La *formación reticular* une los núcleos de los nervios craneales de una manera complicada. Los distintos territorios nucleares de la formación reticular no siempre exactamente delimitables entre sí, coordinan las funciones de los nervios activos en la respiración, en la regulación de la frecuencia cardíaca y de la tensión sanguinea, así como de otras funciones vegetativas. Por ello, en fisiologia, partes de la formación reticular se denominan *"centro de inspiración"*, *"centro de expiración"*, *"centro circulatorio"*, *etc. Las fibras descendentes* de la formación reticular llegan (p. ej. para la regulación respiratoria, en la que también intervienen la musculatura diafragmática, torácica y abdominal) a la *medula espinal* por medio de una via descendente que discurre por el cordón anterior. Mediante fibras *ascendentes* la formación reticular está en conexión, en parte con territorios nucleares vegetativos superiores del *hipotálamo*, y en parte con la *corteza cerebral*. Así las

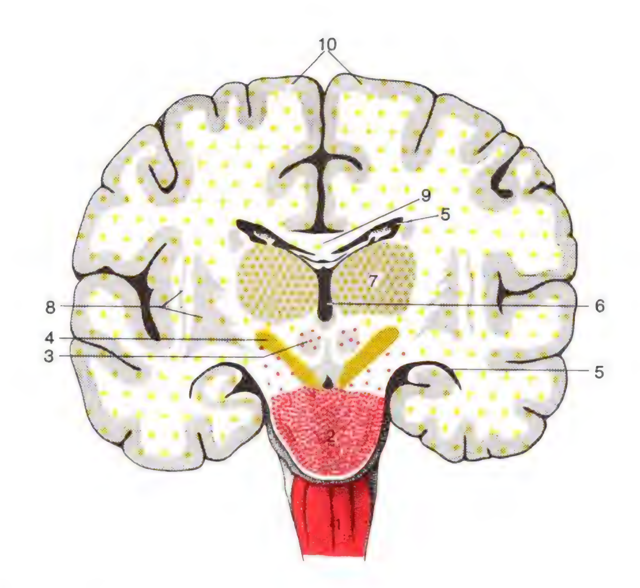


Fig. 56. **Corte frontal a través del encéfalo.**
Derivados del rombencéfalo
Derivados del prosencéfalo (→ figs. 53 y 54)

1 Mielencéfalo
2 Puente
3 Núcleo rojo
4 Hipotálamo
5 Ventrículo lateral
6 III ventrículo
7 Tálamo
8 Ganglios basales
9 Cuerpo calloso
10 Corteza cerebral

impresiones sensoriales pueden intervenir en las actividades de la formación reticular y de sus "centros". Inversamente, las fibras ascendentes a la corteza cerebral influyen sobre el estado de conciencia, sus excitaciones aumentan la atención.

A la calota del rombencéfalo, en las distintas partes del encéfalo procedentes del rombencéfalo (bulbo raquídeo, puente y mesencéfalo) se superponen e incluyen estructuras que en su mayor parte están en relación con el intenso desarrollo del encéfalo y que dan a las partes del mismo su configuración característica.
En el **bulbo raquídeo** (fig. **55** y **56**, también fig. **53**), *mielencéfalo* o *medula oblongada,* se sitúan en la parte anterior haces de fibras descendentes. la vía piramidal, conductora de la motilidad voluntaria; las fibras se cruzan en esta zona hacia el lado opuesto. A los lados y en la parte posterior discurren haces de fibras ascendentes. El bulbo raquídeo alcanza hasta el nivel de la *parte inferior del IV ventrículo.*

El **metencéfalo** rodea la *parte superior del IV ventrículo de forma romboidea.* La calota rombencefálica, en la zona del metencéfalo, está contenida en el *puente de Varolio* y tiene, en la parte dorsal, el *cerebelo. El puente de Varolio* está constituido por numerosos fascículos de fibras que unen el cerebro con el cerebelo a través de las zonas nucleares del puente.

El *cerebelo* es un importante *órgano de la coordinación motora.* Recibe en ambos lados a través de tres "pedículos cerebelosos", de los cuales el más fuerte es el procedente del puente, "preinformaciones" sobre cursos motores, las "compara" constantemente con las informaciones de retorno del aparato locomotor y el órgano del equilibrio, e interviene en los cursos motores, corrigiendo y adaptando, como sistema regulador estabilizador. El cerebelo influye sobre el tono muscular y en la sucesión temporal de los movimientos. En colaboración con el laberinto del oído interno es responsable del mantenimiento del equilibrio.

El **mesencéfalo** alberga como parte ventricular un conducto delgado, el *acueducto de Silvio,* que une el III y IV ventrículo. En el mesencéfalo, el "aparato propio" de la calota rombencefálica está engrosado en un núcleo cilíndrico, el *núcleo rojo* por el que discurren conjuntamente numerosas excitaciones (entre ellas, también procedentes del cerebelo) de influencia motora, para, en vías descendentes, alcanzar finalmente la medula espinal. A la calota del mesencéfalo se adosan en la parte anterior potentes vías descendentes como "pedúnculos cerebrales". Una parte de ellos, la vía piramidal, después de cruzar el puente se hace de nuevo visible en la cara anterior del bulbo raquídeo; la otra parte alcanza el cerebelo. Entre el pedúnculo cerebral y la calota está a ambos lados, en forma de concha, el *núcleo negro* de pigmentación oscura, una zona nuclear de la motilidad involuntaria (→Ganglios basales) que está en conexión con la corteza cerebral. A los lados, en la calota mesencefálica, se hallan sumergidas vías ascendentes, en la parte posterior se superpone el techo mesencefálico como "lámina cuadrigémina" —centros reflejos de la vía auditiva y óptica, que en el mesencéfalo adquieren influencia sobre la motilidad.

Las partes cerebrales que se unen en la porción rostral al *mesencéfalo, diencéfalo* y *telencéfalo,* proceden del *prosencéfalo.* El techo del rombencéfalo termina con el mesencéfalo; diencéfalo y telencéfalo no poseen ningún núcleo de nervios craneales (respecto a la posición especial del 1.° y 2.° nervio craneal → pág. 150).

El **diencéfalo** comprende el *III ventrículo.* Consta de las siguientes porciones cerebrales, en parte muy desarrolladas: el *tálamo,* un grupo nuclear superior, alberga "zonas de derivación" para vías largas ascendentes hacia la corteza cerebral y a otros territorios nucleares del telencéfalo, así como al hipotálamo.

El *epitálamo* con la *epífisis cerebral,* una glándula endocrina, está agregado al tálamo en la parte posterosuperior.

El *hipotálamo,* el grupo de núcleos inferior, contiene *territorios nucleares superiores para funciones vegetativas.*

En los núcleos posteriores del hipotálamo son acopladas funcionalmente *funciones visceromotoras* ("vegetativas") de importancia vital en relación con la ingestión alimenticia, excreción, procreación y defensa afectiva con funciones somatomotoras ("animales"); el hipotálamo contiene "centros" para el sueño, la sensación de hambre y las funciones sexuales. Un grupo nuclear hipotalámico especial dirige indirectamente, a través de la *influencia de la glándula endocrina superior,* la adenohipófisis, la actividad de las glándulas subordinadas (tomo 3: Histología; sistema hipotálamo-adenohipofisario). Otro grupo nuclear del hipotálamo *produce directamente hormonas* que regulan el equilibrio hídrico y excitan la musculatura lisa de algunos órganos (Tomo 3: Histología; sistema hipotálamo-hipofisario).

El *nervio óptico,* el "2.º nervio craneal", pertenece según su origen al diencéfalo (tomo 4: Embriología; n.óptico). El nervio óptico no es en realidad ningún nervio periférico, sino una parte de la vía óptica desplazada a la periferia (Receptores - tomo 3: Histología; retina) que en una parte posterior del grupo nuclear talámico, en el *metatálamo* posee un territorio nuclear desde el cual asciende un fascículo hacia la corteza cerebral.
El *globo pálido,* un núcleo lateral del diencéfalo, entra en relación de proximidad y funcional con los territorios nucleares dispersos "subcorticales", es decir, con los núcleos del telencéfalo de debajo de la corteza cerebral, que proceden de los tubérculos cuadrigéminos del telencéfalo (tomo 4: Embriología; telencéfalo). De esta manera se originan los "*ganglios basales*" que están fuertemente desarrollados, lugares de conexión de amplios círculos neuronales en los que también están comprendidas partes de la corteza cerebral y que en su totalidad sirven a la motilidad involuntaria.

Mediante la *motilidad involuntaria,* los movimientos de iniciación voluntaria son agregados a cursos motores adecuados temporal y espacialmente a la situación global y provistos de movimientos concomitantes, que también incluyen los movimientos expresivos (¡mímica!). En el transcurso de movimientos aprendidos, la motilidad involuntaria ocupa probablemente un primer término.

La *lesión* de uno de los círculos neuronales de la motilidad involuntaria conduce siempre a un trastorno de toda la motilidad, también de los movimientos regulados por nervios craneales (mímica, habla). La lesión afecta frecuentemente los círculos neuronales inhibidores, con lo cual se originan cursos motores excesivos e incoordinados, por ejemplo en el "baile de San Vito" o corea.

Como **tronco encefálico** se designa el conjunto de *ganglios basales,* el *diencéfalo* y todas las partes del cerebro procedentes del *rombencéfalo* y que le siguen en sentido caudal; todas ellas guardan entre sí una íntima relación. Al tronco encefálico pertenecen, ademas, partes (basales) del denominado *cerebro olfatorio.*
Los *nervios olfatorios,* denominados en conjunto "1.^{er} nervio craneal", están en conexión con un derivado del *telencéfalo.* Los nn.olfatorios son las neuritas, agrupadas en fascículos, de células sensoriales primarias de la

mucosa olfatoria (tomo 3: Histología; órgano olfatorio). Los nn.olfatorios entran como "fibras amielínicas" en el *bulbo olfatorio,* un resto –en el hombre poco desarrollado– de la parte basal del telencéfalo,
Por **cerebro** se entiende aquella parte del telencéfalo que no interviene en la formación del tronco encefálico. Consta de los dos *hemisferios cerebrales,* de los cuales cada uno contiene un *ventrículo lateral.* El cerebro se extiende como un manto o palio sobre el tronco encefálico. En los hombres es característico el intenso desarrollo del cerebro. Las fibras que están en conexión con la corteza cerebral dan también a otras partes cerebrales, por ejemplo a la protuberancia, un típico aspecto "humano".
Corteza cerebral. En el cerebro y cerebelo las neuronas, que durante el desarrollo embrionario emigran a la superficie del cerebro, forman una cubierta cerrada de sustancia gris, una *"corteza"*. La superficie cerebral, muy aumentada por medio de las circunvoluciones y surcos, está cubierta por la corteza cerebral. Su diferenciación no se concluye hasta después del parto.

El cerebro como *órgano de integración* tiene una jerarquía superior al tronco encefálico y a la medula espinal. No obstante, las funciones del cerebro resultan de una íntima cooperación con todas las partes del sistema nervioso.

La estructura intacta de la corteza cerebral es condición previa para que, por una parte, los estímulos percibidos por los órganos sensoriales penetren en la *conciencia* y, recogidos en la *memoria* puedan ser llamados de nuevo como *recuerdo,* y, por otra parte, para que sea posible la motilidad consciente en el sentido más amplio. Según las experiencias de la neuropatología, las cualidades sensoriales percibidas por los distintos órganos sensoriales son atribuibles a diversos territorios corticales. Dentro de dichos territorios se distinguen *campos de proyección,* que primordialmente reciben aferencias, de las *zonas de asociación,* cuyas eferencias alcanzan a otras zonas corticales y/o a regiones nucleares más profundas. Las grandes zonas corticales están en relación con la comprensión del lenguaje y la escritura, así como con el hablar y el escribir; las cualidades mencionadas últimamente están localizadas en el hemisferio izquierdo. Respecto a la ordenación funcional de numerosas zonas corticales, no existe todavía una claridad suficiente.

La neurología conoce numerosos *trastornos de la comunicación* que son atribuidos a lesiones de diversas zonas corticales y que pueden agruparse en tres conceptos: *afasia* significa que la importancia de la palabra hablada o escrita, a pesar de la función intacta de los órganos sensoriales, ya no es reconocida. *Agnosia* significa que el enfermo es incapaz a partir de los estímulos que le son transmitidos por un órgano sensorial (tacto, vista) de identificar un objeto. Con el término *apraxia* se señala la incapacidad de realizar movimientos objetivos adecuados a pesar de mantener intacta la motilidad. Los trastornos agrupados en estos tres conceptos guardan en muchos aspectos una relación recíproca, de la cual resultan múltiples cuadros clínicos.

Tabla **3.** División genética del sistema nervioso central (según STARCK)

A Medula espinal	B Rombencéfalo			C Prosencéfalo	
	Centros dorsales superiores	Cerebelo	Techo		Palio
	Calota Bulbo raquídeo			Di-encéfalo	Tel-encéfalo
	Pirámide	Puente	Pedúnculo cerebral	Ganglios basales	Cerebro olfatorio
	Haces de fibras neoencefálicas depositadas basalmente				
División sistemática					
Medula espinal	Miel-encéfalo	Met-encéfalo	Mes-encéfalo	Di-encéfalo	Tel-encéfalo
Segmentos correspondientes del sistema ventricular					
Canal central	IV	IV	Acueducto cerebral	III	I/II

La tabla **3** resume la *división genética* del sistema nervioso central y la compara con la *división sistemática* anteriormente comentada.

2. Conexiones entre el sistema nervioso central y el periférico

a) Organización del sistema nervioso periférico, anexo a la medula espinal

La *medula espinal* es un cordón de aproximadamente 45 cm de longitud y de 1 cm de espesor, que en el conducto raquídeo del adulto, llega hasta el límite superior de la 2.ª vértebra lumbar (fig. **49**).
La medula espinal y los nervios espinales guardan una estrecha relación con los segmentos de la columna vertebral y de la pared del tronco. Por tanto, también se habla de *segmentos de la medula espinal* y se distingue *"medula cervical"*, *"medula torácica"*, *"medula lumbar"*, *"medula*

sacra". Sin embargo, el segmento de la medula espinal y el de la columna vertebral no coinciden en la altura (→ Cola de caballo).

Para la *denominación de un nervio espinal* o de un segmento medular correspondiente al mismo se utiliza abreviadamente la inicial del segmento de la columna vertebral y el número del nervio, por ejemplo C-1, D-2, L-3, etc. Para una orientación global se utilizan los términos nervios cervicales, dorsales, lumbares y sacros.

La medula espinal está unida por 31 pares de *nervios espinales* con la pared torácica, la extremidad superior e inferior y las vísceras torácicas, abdominales, pélvicas y sacras (→ tronco simpático). Cada nervio espinal se origina en el orificio de conjunción a partir de una *raíz anterior motora* y una *raíz posterior sensitiva;* la raíz posterior contiene, cerca de los nervios espinales, el *ganglio espinal* sensitivo (fig. **50** y **51**).
La *sustancia gris,* compuesta por *núcleos medulares espinales,* ocupa una posición central a lo largo de toda la medula espinal y está rodeada por la *sustancia blanca;* el corte transversal de la medula espinal presenta en principio la misma composción en todos los niveles. El corte a través de la sustancia gris tiene la forma de una H o de una mariposa, en la que a cada lado se distinguen el asta anterior, la lateral y la posterior. La sustancia gris contiene los pericariones de *"células radiculares*" y de *"células internas*".

Raíz anterior de los nervios de la medula espinal

La *raíz anterior,* o *raíz ventral, está formada por los axones de las* **células radiculares;** células radiculares son las neuronas eferentes de los nervios espinales. Se distingue entre células radiculares *somatomotoras* y *visceromotoras (vegetativas)* (fig. **52**).
Las **células radiculares somatomotoras,** "multipolares", son las de mayor tamaño de la medula espinal, están agrupadas en el asta anterior. Cada grupo de células nerviosas corresponde a determinados músculos del aparato locomotor.

La medula espinal posee aproximadamente medio millón de células radiculares somatomotoras, *"motoneuronas*". Sobre este número relativamente pequeño de células nerviosas actúan muchos millones de cadenas neuronales superiores del SNC (→ convergencia). Por ello las neuritas de las células radiculares somatomotoras forman el *"tramo terminal motor común*" de todas las excitaciones procedentes de territorios nucleares más elevados y que discurren por la correspondiente raíz posterior. El tramo terminal motor común —la "rama eferente del sistema nervioso animal"— en lo que respecta a la distribución neuronal, consta, por consiguiente, de *una sola neurona.*

Células radiculares visceromotoras (vegetativas). Entre las células radiculares vegetativas se distinguen dos grupos, en la terminología usual y considerando a las neuronas por ellas inervadas en los ganglios vegetativos: *células radiculares simpáticas* y *parasimpáticas* (fig. **64**).

La *"vía eferente del sistema nervioso vegetativo"*, a diferencia de la del sistema nervioso animal, está dividida en *dos neuronas*. Las células radiculares visceromotoras (vegetativas) son la 1.ª neurona; los pericariones de la 2.ª neurona están en los ganglios vegetativos, los ganglios orgánicos, de la periferia. Por ello las *fibras nerviosas de la 1.ª neurona también son denominadas "fibras preganglionares"*.

Las *células radiculares simpáticas*, células nerviosas "multipolares", se encuentran en el asta lateral de la medula torácica y lumbar (C_8-L_{2-3}). En estos segmentos el asta lateral es muy manifiesta. Los axones de las células simpáticas se dirigen con la *raíz anterior* a los nervios espinales. En los ramos comunicantes, que unen los nervios espinales con el cordón limitante del simpático, llegan a los *ganglios segmentarios del tronco simpático*, que se hallan a ambos lados de la columna vertebral delante de la cabeza de las costillas. Sobre el trayecto ulterior de estas fibras → Sistema nervioso vegetativo periférico.
Las *células radiculares parasimpáticas* se encuentran en la medula sacra (S_{2-4}) en la parte interna del asta lateral. Las células son "multipolares"; sus axones abandonan la medula espinal con la raíz ventral. Forman los *nervios esplácnicos de la pelvis*, los cuales inervan las vísceras pélvicas junto con el territorio de inervación del nervio vago parasimpático. También los restantes segmentos de la medula espinal contienen células radiculares que, en consideración al comportamiento de la 2.ª neurona (neurona colinérgica), inervada por ellas, algunos autores incluyen en el sistema parasimpático, aunque ellas y su 2.ª neurona estén contenidas en la masa de fibras y en los ganglios del cordón limitante simpático. Las eferencias vegetativas alcanzan a la pared del tronco y a las extremidades. Esta porción del sistema nervioso vegetativo se llama también *"sistema de las fibras vegetativas segmentarias"* a causa de su expansión rígidamente segmentaria. Respecto a su curso ulterior → Sistema nervioso vegetativo periférico.
A diferencia de las células radiculares, los axones de las *células internas (células cordonales* y células del *aparato propio)* permanecen en el SNC. Las *células cordonales son la 2.ª neurona de las conducciones aferentes*. Los pericariones de las células cordonales se encuentran en los núcleos del asta posterior, sus axones discurren en haces como vías de conducción ascendentes en los cordones de la medula espinal.

Raíz posterior de los nervios de la medula espinal

La *raíz posterior consta (en su mayor parte) de haces de axones de las células nerviosas sensitivas, seudounipolares, cuyos pericariones están contenidos en el* **ganglio espinal.** Entre ellas, las *células nerviosas somatosensitivas* y *viscerosensitivas* son la "primera neurona de la conducción aferente" (figs. **51** y **52**).
Las *células nerviosas somatosensitivas* conducen excitaciones de la piel y de los receptores de la musculatura (→ Husos musculares, tendinosos) de la pared del tronco y extremidades a los pericariones de la 2.ª neurona en

la medula espinal o bulbo raquídeo. La *"rama aferente del sistema nervioso animal"*, en lo referente a la división neuronal, consta de una sola neurona, como el eferente. En total, por las raíces posteriores de los nervios espinales penetran unos 2 millones de fibras nerviosas en la medula espinal.

Las *células nerviosas viscerosensitivas* transmiten excitaciones procedentes de los receptores de las vísceras y vasos. También la *"rama aferente del sistema nervioso vegetativo"* está constituida —al contrario que la eferente— por *una sola neurona.* Las fibras nerviosas aferentes van por las ramas simpáticas a los nervios espinales; los pericariones se encuentran (casi siempre) en el ganglio espinal, los axones van igualmente por la raíz posterior a la 2.ª neurona en la medula espinal.

El *ganglio espinal,* un ganglio sensitivo, es parte de la raíz posterior de cada nervio espinal poco antes de su fusión con la raíz anterior; está envuelto por una vaina meníngea rica en fibras colágenas (→ meninges espinales).

Nervio espinal

El **nervio espinal,** originado en el foramen intervertebral, resulta de la unión de la **raíz** *dorsal* y *ventral* de los nervios espinales; es un nervio "mixto" (sensitivo-motor) y tiene una longitud de 1 cm. Inmediatamente después de su paso por el foramen intervertebral, el corto tronco nervioso se divide en cuatro **ramos** (figs. **50-52**).

El *ramo meníngeo* sensitivo, un ramo pequeño, regresa de nuevo en el conducto vertebral hacia las meninges espinales.

El ramo *posterior* "mixto", *ramo dorsal,* inerva la piel junto a la columna vertebral, así como la musculatura dorsal autóctona.

El ramo *anterior* "mixto", *ramo ventral,* inerva el resto de la piel y musculatura de la pared del tronco o, formando un plexo, de las extremidades, así como la piel y algunos músculos del cuello.

Los *ramos comunicantes,* fibras simpáticas postganglionares y sensitivas, en los segmentos C_{8}, L_{2}, L_{3} también fibras preganglionares simpáticas (→ pág. 141), unen los nervios espinales con el cordón limitante del simpático. Las fibras simpáticas preganglionares van de los nervios espinales al cordón limitante del simpático, las fibras postganglionares van del cordón limitante a los nervios espinales.

Inervación segmentaria

La pared del tronco del hombre está dispuesta como la de todos los animales vertebrados de manera *segmentaria* (→ Metamería de la pared del tronco). Esta *metamería* primitiva está garantizada parcialmente por la musculatura dorsal autóctona y por la torácica autóctona (músculos intercostales), las *ramas dorsales de todos los nervios espinales y los ramos ventrales de los nervios espinales torácicos* (D_2-D_{11}) conservan la

forma segmentaria de inervación. En la región de inervación segmentaria, la musculatura y la zona cutánea próxima tienen la misma referencia segmentaria –con la condición de que los territorios de inervación cutánea se superpongan.

Inervación cutánea segmentaria (fig. **57**). La distribución de un nervio cutáneo (uni-) segmentario, en la preparación anatómica sólo puede seguirse en el tejido conjuntivo subcutáneo. De su extensión en la propia piel nos informan las experiencias clínicas. Según ello, *los segmentos vecinos se solapan (sucesivamente en sentido craneocaudal).* Un segmento lle-

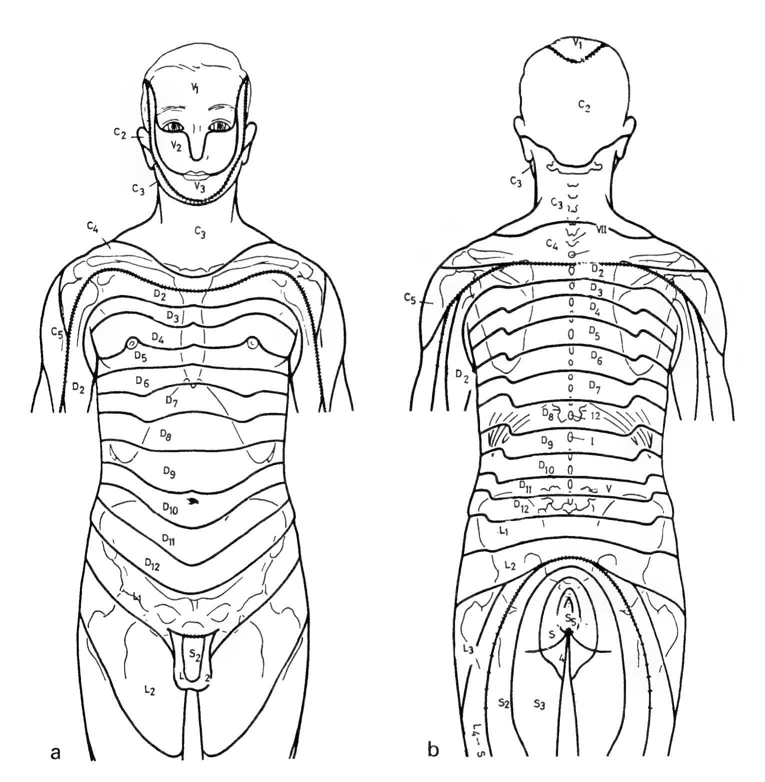


Fig. 57. **Distribución segmentaria de las zonas de inervación de la piel en el adulto** (de HANSEN, K., H. SCHLIACK: Inervación segmentaria, 2.ª edición, Thieme, Stuttgart 1962).
a visión frontal
b visión dorsal
Líneas punteadas = líneas de separación en las que los segmentos no inmediatamente sucesivos están aproximados en la inervación cutánea.

ga hasta la mitad del segmento vecino; por tanto, un segmento cutáneo está inervado siempre por tres nervios vecinos, de los cuales el central proporciona para "su" segmento el máximo número de fibras nerviosas. Pero en esta superposición toman parte únicamente las fibras térmicas y táctiles, pero no las fibras dolorosas. Así también las "zonas de Head" (→ pág. 164) están limitadas a un segmento. Por lo demás, la dispersión de un nervio cutáneo segmentario raramente tiene forma pura de cinturón, sino que más bien está delimitado a ambos lados por estolones que producen ondulaciones.

El fallo de una sola raíz sensitiva, un *"trastorno monorradicular"*, es diagnosticado por la *prueba de la sensación dolorosa* (pellizcar), ya que las zonas dolorosas de segmentos vecinos no se superponen. La ausencia de la sensación de contacto de un segmento a causa de la superposición de las zonas de tacto obedece siempre a un trastorno de más de un segmento.
El *herpes zoster* producido por una inflamación de causa vírica de un ganglio espinal, pone de manifiesto un segmento cutáneo por el enrojecimiento de la piel y la formación de vesículas.

Formación de plexos

Durante el desarrollo embrionario –primordialmente en las zonas de los esbozos de las extremidades–, en zonas circunscritas de la pared ventrolateral del tronco tiene lugar una nueva división de los esbozos musculares segmentarios mediante división y polimerización; se originan nuevas unidades musculares. Simultáneamente, las porciones de fibras nerviosas de los nervios espinales unidos precozmente con los esbozos musculares sufren una dispersión correspondiente. *Con ello se pierde la metamería primitiva.* Una unidad muscular neoformada une a sí misma fibras nerviosas de varios segmentos; un segmento emite fibras nerviosas a varias unidades musculares. El entrelazamiento de fibras nerviosas de varios segmentos y la composición en nervios periféricos individuales es denominada *plexificación* (fig. **58**). Dado que las extremidades se originan en la zona ventrolateral de la pared del tronco, en la plexificación intervienen *sólo* las ramas ventrales y no las dorsales *de los nervios espinales que se encuentran en la región de las extremidades.* En la zona de inervación del plexo ya no coincide la referencia segmentaria de la musculatura y piel que la reviste.
Con la *extremidad superior* (y con el diafragma, procedente de esbozos de la región del cuello) se originan el *plexo cervical* (C_{1-4}) y el *plexo braquial* (C_5-D_1), con la *extremidad inferior el plexo lumbar* (D_{12}-D_4) y el *plexo sacro* (L_4-S_4).
Inervación cutánea en la zona del plexo. Las referencias segmentarias de la piel de las extremidades no son demostrables en la preparación anatómica, ya que cada nervio de las extremidades emite fibras aferentes a varios segmentos; la referencia segmentaria únicamente pueden deducir-

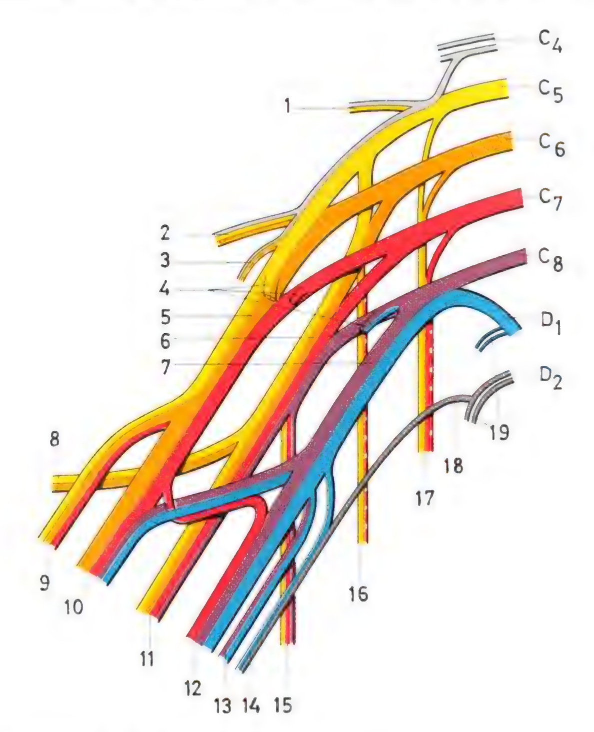


Fig. 58. **Formación de un plexo** (Plexo braquial)
(según LANZ/WACHSMUTH)
La participación de los distintos segmentos en la formación de los plexos nerviosos está representada por los distintos colores

1, 2 ramas dorsales cortas del plexo
1 N.dorsal de la escápula
2 N.supraescapular
3, 4 ramas ventrales cortas del plexo
3 N.subclavio
4 Nn.pectorales
5 Tronco secundario externo
6 Tronco secundario dorsal
7 Tronco secundario interno
8 N.axilar
9 N.musculocutáneo
10 N.mediano
11 N.radial
12 N.cubital
13 N.braquial cutáneo interno
14 N.accesorio del braquial cutáneo interno
15 N.torácico dorsal
16 N.subescapular
17 N.torácico largo
18 N.intercostobraquial
19 Nn.intercostales

se de los hallazgos clínicos. La interrupción de la raíz dorsal de un nervio espinal en la zona del plexo puede tener como consecuencia el déficit sensitivo en varios nervios del mismo. Como en los nervios segmentarios cutáneos, en los plexos nerviosos cutáneos los territorios de inervación se superponen. Se distingue el *"territorio autónomo"* de un nervio cutáneo, que sólo él inerva, de su *"territorio máximo"*, en cuya inervación partici-

pan nervios cutáneos vecinos. Si un solo nervio es lesionado periféricamente, entonces el déficit sólo es evidente y total en el territorio de autonomía. Si sólo un nervio cutáneo queda intacto, puede entonces demostrarse su territorio máximo. El territorio autónomo suele ser pequeño y, en caso excepcional, puede faltar por completo. También en el solapamiento de los plexos nerviosos cutáneos (plurisegmentarios) las diferentes cualidades sensoriales intervienen diferentemente.

Intercambio periférico de fibras. Además de la dispersión de fibras de las ramas ventrales de los nervios espinales en la formación de plexos, que siempre tiene lugar cerca del tronco del nervio espinal (es decir, también cerca de la columna vertebral), en zonas más alejadas en la periferia, tanto en nervios segmentarios como en los plexos nerviosos se producen intercambios de fibras entre los distintos nervios.

Elementos del reflejo muscular propioceptivo

Los *reflejos musculares* pueden cursar tanto a través de los nervios espinales como de los craneales (→ Arco reflejo). En los reflejos musculares (actividades reflejas de la musculatura estriada) el *receptor* se encuentra *en el músculo o en el tendón* = reflejo propioceptivo, o *en la piel o en la mucosa* = reflejo exteroceptivo. *Los receptores del reflejo propioceptivo son propioceptores en órganos sensoriales, en el huso muscular y en el órgano de Golgi. Los efectores forman sinapsis mioneuronales, placas motrices terminales* (fig. **59**).
Los **husos musculares** yacen en medio del músculo estriado. El huso muscular es de 20 mm de longitud y aproximadamente 0,2 mm de espesor. Está delimitado mediante una cápsula de tejido conjuntivo de la musculatura restante (tomo 3: Histología; husos musculares).

El *huso muscular* contiene 4-10 fibras musculares de estriación transversal, "fibras intrafusales". Cada una de ellas está en conexión con una fibra nerviosa aferente y otra eferente. La *fibra nerviosa aferente* $A\alpha$ forma el *receptor* del huso muscular al rodear con una *terminación anuloespiral* la fibra muscular intrafusal. La tracción muscular y la contracción dan lugar a deformaciones del receptor y a una variabilidad en la formación de excitaciones. La *fibra nerviosa eferente* $A\gamma$, procedente del asta anterior de la medula espinal en los extremos contráctiles de la fibra muscular intrafusal, forma el *efector* como *placas motrices terminales* a través de las cuales la sensibilidad de la fibra intrafusal debe ser adaptada a los distintos estados de contracción del músculo. Ambos dispositivos están al servicio de un mecanismo de reacoplamiento mediante el cual se regula la longitud muscular (→ Fisiología).
La cantidad absoluta y relativa de husos musculares es variable. En el músculo gran dorsal se contaron 368 husos musculares pero sólo 1,4 por gramo de peso muscular; en el m. abductor corto del pulgar, por el contrario, en total 80, pero 29,3 por gramo de peso muscular. También en la musculatura ocular y laríngea existen muchos husos musculares.

Los **órganos de Golgi** se encuentran en el comienzo de fascículos de fibras colágenas del tendón, cercano al músculo, un órgano con 5-25 inserciones

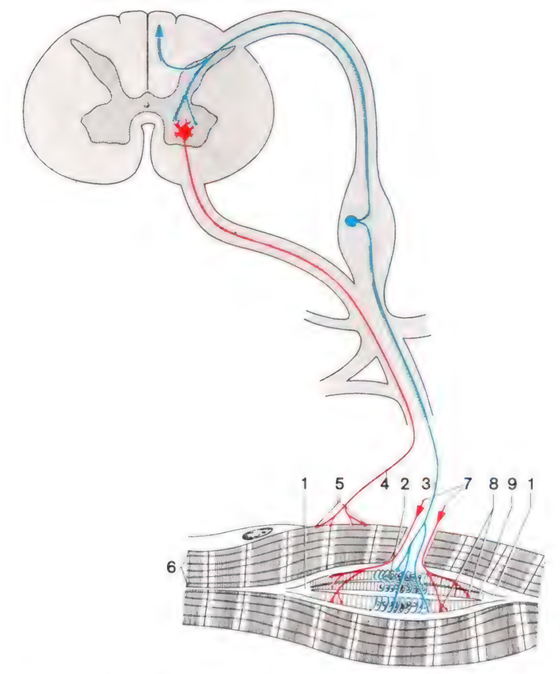


Fig. 59. **Circuito del reflejo muscular propioceptivo.**
1 Huso muscular
2 Terminación anuloespiral de la neurona aferente (3)
4 Neurona motora Aα eferente con sinapsis mioneural (5) en fibras musculares (6).
7 Neuronas motoras eferentes Aγ con sinapsis mioneurales (8) en fibras musculares (9) (intrafusales)

de fibras musculares. En la región del órgano, el haz de fibras está levemente ensanchado ("huso tendinoso") (tomo 3: Histología; huso tendinoso).

Las ramas dendríticas de *neuronas aferentes* Aα terminan entre las fibras colágenas. Las terminaciones receptoras, tanto en la distensión como en la contracción, son deformadas y estimuladas. Los órganos de Golgi son receptores al servicio de un mecanismo de reacoplamiento a través del cual es regulada la tensión muscular (→ Fisiología).

La **neurona aferente** del reflejo propioceptivo comienza (con la terminación anuloespiral) en el huso muscular o con las ramificaciones en el órgano de Golgi. El pericarion se encuentra en el ganglio espinal. El axón llega a la medula espinal a través de la raíz posterior, emite colaterales *(colaterales reflejas)* a las motoneuronas Aα en el asta anterior de la medula

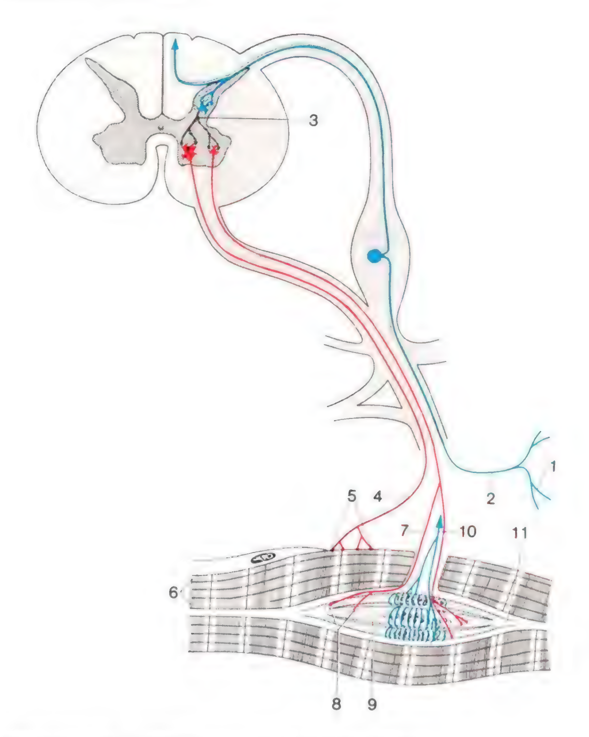


Fig. 60. **Circuitos del reflejo muscular exteroceptivo.**

1 Terminación nerviosa libre como receptor cutáneo de la neurona aferente (2)
3 Neurona intermedia
4 Neurona motora Aα eferente con sinapsis mioneural (5) en fibras musculares (6) activas
7 Neurona motora Aγ eferente con sinapsis mioneurales (8) en fibras musculares (9) (intrafusales)
10 Neurona aferente con terminación anuloespiral del huso muscular (11)

espinal. Por regla general faltan las neuronas intermedias, el *reflejo propioceptivo es (predominantemente) "monosináptico"*.

Las *colaterales reflejas* de la neurona aferente a partir del huso muscular excitan las neuronas motoras Aα del músculo correspondiente y originan con ello su contracción (función starter → Fisiologia).
Las colaterales reflejas de la neurona aferente de los órganos de Golgi inhiben las neuronas motoras Aα del músculo afectado y limitan con ello el incremento de la tensión (inhibición autógena → Fisiologia).

La **neurona eferente** es una neurona motora Aα o una Aγ. Su axón abandona la medula en la raiz anterior de la misma y termina con sinapsis mio-

neurales en el músculo activo (motoneurona Aα) o en el huso muscular (Neurona Aγ).
La **sinapsis mioneural** constituye *la estructura efectora* del extremo axónico.

Ejemplos de reflejos propioceptivos: Reflejo rotuliano, reflejo del tendón de Aquiles, reflejo del tendón del bíceps. Una percusión sobre uno de los citados tendones causa una distensión rápida del músculo, que provoca una contracción rápida.

Elementos del reflejo muscular exteroceptivo

Los receptores a través de los cuales es desencadenado el reflejo exteroceptivo, se encuentran por fuera del músculo, son receptores cutáneos: receptores dolorosos, térmicos y táctiles de la piel (tomo 3: Histología; sentidos cutáneos) o receptores de la mucosa (fig. **60**).
Las **neuronas aferentes,** fibras A, B o C, cuyos pericariones se hallan en los ganglios espinales, llegan por la raíz posterior a la medula espinal. Pero sus colaterales no terminan directamente en neuronas motoras; más bien existen entre las colaterales y las motoneuronas variablemente intercaladas muchas *neuronas intermedias; el reflejo exteroceptivo es "polisináptico"*, las neuronas intermedias poseen colaterales a través de las cuales las motoneuronas alcanzan *varios segmentos medulares;* mediante reflejos exteroceptivos pueden ser activados varios músculos. Las neuronas intermedias (almacenadoras de excitaciones) hacen que el reflejo exteroceptivo sea muy variable en sus efectos, a diferencia de lo que ocurre con el reflejo propioceptivo.

Las colaterales reflejas de las *neuronas aferentes* transmiten en el reflejo exteroceptivo regularmente reflejos flexores a las extremidades; la activación de las neuronas Aγ ocupa al respecto un primer plano (→ Fisiología).

La **neurona eferente** es, como en el reflejo propioceptivo, una neurona Aα o Aγ del asta anterior. Termina con una sinapsis mioneural.

Ejemplos de reflejos exteroceptivos: Reflejo cremasteriano, reflejo de la pared abdominal, reflejo plantar. Mediante la fricción de la piel en la cara interna del mismo (o de la piel abdominal o de la planta del pie) se produce la contracción del m. cremáster (o de la musculatura abdominal o del flexor corto del pie respectivamente). Los reflejos exteroceptivos desempeñan un importante papel como *reflejos protectores* (reflejo de la tos y estornudo, reflejo corneal, reflejo lagrimal son igualmente exteroceptivos).

b) Organización del sistema nervioso periférico anexionado al encéfalo

El *tronco encefálico* alberga territorios nucleares de importancia vital: respiración, circulación, coordinadores de las glándulas endocrinas. Todas las partes están en

íntima relación recíproca funcional y morfológica. El tronco encefálico contiene los núcleos de los nervios craneales.

Núcleos de los nervios craneales

A través del bulbo raquídeo, puente y mesencéfalo del tronco encefálico discurre el *techo rombencefálico* procedente del cerebro primitivo. Continúa la sustancia gris de la medula espinal en el tronco encefálico (fig. **54**). El techo o tegmento contiene todos los núcleos de los nervios craneales de los nervios III-XI, así como los territorios nucleares de un "aparato propio", la *formación reticular.*

El *I nervio craneal,* los nervios olfatorios, penetran directamente en una parte basal desplazada hacia adelante del telencéfalo, en el *bulbo olfatorio.*

El II nervio craneal, el n. óptico, es una vía aferente al diencéfalo y consta de los axones de la 3.ª neurona de la vía óptica.
El *XII nervio craneal,* el n. hipogloso, es, por su origen, la *raíz motora* de un *nervio espinal superior (nervio occipital),* cuyo territorio nuclear lo marca la transición de la sustancia gris de la medula espinal en el techo rombencefálico.

"Núcleos de origen" *(núcleos motores)* es el nombre dado a los núcleos de nervios craneales que comprenden los pericariones de los *componentes "animales"* eferentes (motores) de los nervios craneales. Las neuronas motoras de los nervios craneales forman, como las células radiculares somatomotoras de la medula espinal, el *"tramo terminal motor común"*, sus fibras nerviosas terminan en sinapsis mioneurales en la musculatura estriada.
Los *"núcleos autónomos"* están formados por los pericariones de los *componentes "vegetativos"* eferentes de los nervios craneales. Los núcleos autónomos de los nervios craneales pertenecen todos al *parasimpático.* También en los nervios craneales la *"rama eferente del sistema nervioso vegetativo"* está dividida en dos neuronas. Los pericariones de la 1.ª neurona, comparables a las células radiculares visceromotoras de la medula espinal, se hallan en núcleos autónomos de nervios craneales; los de la 2.ª neurona en un ganglio parasimpático adyacente a un nervio craneal.
En los **núcleos terminales**, comienza la *2.ª neurona de la conducción aferente* de un nervio craneal, comparable a las células cordonales de la medula espinal. En los pericariones de los "núcleos terminales" terminan las *prolongaciones axónicas de la "primera neurona de la conducción aferente* de un nervio craneal. Los pericariones de esta primera neurona aferente están reunidos en *ganglios sensitivos* de los nervios craneales. Pero mientras que los ganglios espinales sensitivos son todos aproximadamente del mismo tamaño, los ganglios sensitivos (sensoriales) se diferencian notablemente tanto en el tamaño como también en su histología (tomo 3: Histología; ganglios).

Todos los componentes de fibras aferentes y eferentes de un nervio craneal, a diferencia de los nervios espinales, salen o entran conjuntamente del tronco encefálico.

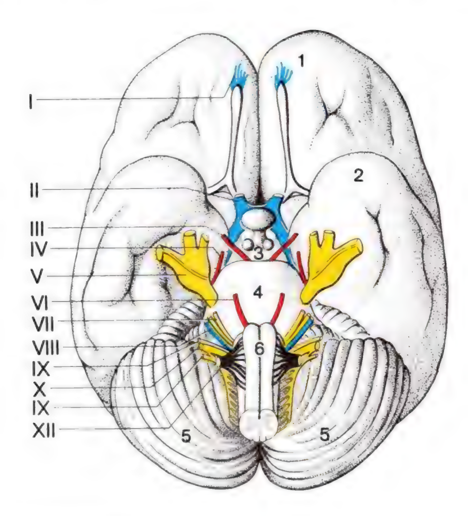


Fig. 61. **Nervios craneales.**

- (azul) Nervios sensitivos puros
- (rojo) Nervios de los músculos oculares
- (amarillo) Nervios branquiales
- (negro) Nervio del músculo hipogloso (como raíz ventral de un primer nervio espinal)

I	Nn.olfatorios	1, 2	*Cerebro*
II	N.óptico	1	Polo frontal
III	N.motor ocular común	2	Polo temporal
IV	N.patético	3-6	*Tronco encefálico*
V	N.trigémino	3	Infundíbulo con hipófisis
VI	N.motor ocular externo	4	Puente
VII	N.facial	5	Hemisferios cerebelosos
VIII	N.estato-acústico	6	Bulbo raquídeo
IX	N.glosofaríngeo		
X	N.vago		
XI	N.espinal		
XII	N.hipogloso		

Rasgos fundamentales de la división de los nervios craneales

El sistema nervioso periférico anexionado al *encéfalo* está formado por 12 pares de *nervios craneales*. Estos se diferencian tanto de los nervios espinales como unos de otros; en lo que respecta a su origen, constitución y función *son de desigual valor*. El comportamiento especial de cada nervio aislado depende de la peculiar formación de la cabeza, cuyo esbozo y desarrollo no puede compararse con el esbozo segmentario del tronco y extremidades (tomo 4: Embriología; cara, nariz y paladar).

La *numeración* de los nervios craneales, del I hasta XII, indica la *sucesión de su salida del encéfalo* desde la parte rostral a la caudal (fig. **61**). En una

división de los nervios craneales, que se orienta según sus *componentes fibrosas,* y con ello según su *ordenación periférica* (tabla **4**), deben reunirse en grupos nerviosos craneales que, en parte, son de situación muy distante (fig. **62**).

Los **nervios sensitivos puros** de "órganos sensoriales especiales" son los *nn.olfatorios (I)*, el *n.óptico (II)* y el *n.estato acústico (VIII)*. Algunos autores los incluyen también, en sentido más amplio, en la sensibilidad somática. Por el contrario, los nervios craneales, que entre otras cosas conducen fibras gustativas del "órgano sensorial especial" gustativo, son nervios mixtos visceromotores-viscerosensitivos.

Los nervios olfatorios y el n.óptico no pueden ser equiparados a las restantes conducciones aferentes de nervios periféricos; los nn.olfatorios constan de axones de células sensoriales primarias; el n.óptico es una parte de la vía óptica.

Nervios de los músculos oculares. Un grupo propio de nervios motores puros, que sirven a la motilidad ocular (dirección de la mirada), lo constituyen el *n.motor ocular común (III)*, el *n.patético (IV)* y el *n.motor ocular externo (VI)*. Estos son considerados por algunos autores como nervios somatomotores. No obstante, el nervio motor ocular común es también portador de fibras nerviosas visceromotoras (autónomas), que (previa conexión intermedia de un ganglio vegetativo) inervan los músculos oculares internos.

Nervios branquiales. Otro grupo de nervios craneales está formado por los nervios branquiales ordenados con respecto al arco visceral ("nervios

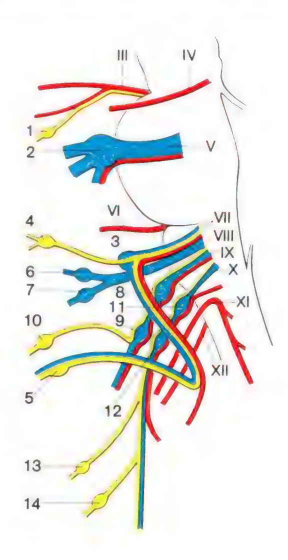


Fig. 62. **Contingente de fibras nerviosas y ganglios de los nervios craneales III-XII y sus primeras ramificaciones.**
- Fibras motoras voluntarias
- Fibras y ganglios sensitivos
- Fibras y ganglios parasimpáticos

Las cifras III-XII se refieren a los nervios craneales
1 Ganglio ciliar (N.III)
2 Ganglio de Ganer (N.V)
3 Ganglio geniculado (N.VII)
4 Ganglio pterigopalatino o de Meckel (N.VII)
5 Ganglio submaxilar (N.VII)
6 Ganglio vestibular (N.VIII)
7 Ganglio espiral (N.VIII)
8 Ganglio superior (N.IX)
9 Ganglio inferior (N.IX)
10 Ganglio ótico o de Arnold (N.IX)
11 Ganglio superior (N.X)
12 Ganglio inferior (N.X)
13, 14 Ganglios vegetativos torácicos y abdominales

Tabla **4.** Componentes de fibras y ordenación periférica de los nervios craneales

Sucesión y denominación	Somatosensibilidad	Viscerosensibilidad	Visceromotilidad	Visceromotilidad especial	Somatomotilidad	Ordenación periférica
I. Nn. olfatorios	(+)					Epitelio olfatorio (n. olfatorios)
II. N. óptico	(+)					Retina ocular (n. óptico)
III. N. motor ocular común					(+)	Músculos externos del ojo (Mm. recto sup., recto inf., recto int., oblicuo inf., elevador palpebral)
			+			Músculos internos del ojo (Mm. ciliares, esfínter de la pupila)
IV. N. troclear					(+)	Músculo ocular externo (M. oblicuo superior)
V. N. trigémino	(+)	+				Cara y cabeza hasta el vértice del cráneo, cavidad nasal, ocular bucal
				+		Mm. masticadores, Mm. tensores del tímpano, milohioideo, digástrico (vientre anterior)
VI. N. motor ocular externo					(+)	Músculo externo del ojo (M. recto externo)
VII. N. facial		+				Fibras gustativas de la mitad anterior de la lengua
				+		Musculatura mímica, músculo del estribo, musculatura del arco hialino
			+			Glándulas salivales del suelo de la boca, glándula lacrimal
VIII. N. vestibulo-coclear (estato acústico)	(+)					Organo laberíntico (n. auditivo y del equilibrio)

Sucesión y denominación	Somatosensibilidad	Viscerosensibilidad	Visceromotilidad	Visceromotilidad especial	Somatomotilidad	Ordenación periférica
IX. N. glosofa-ríngeo		+				Fibras gustativas de la mitad posterior de la lengua, faringe
				+		Faringe
			+			Glándula parotídea
X. N. vago		+				Yemas gustativas posteriores, en parte conducto auditivo externo, laringe
				+		Laringe
			+			Conducto intestinal hasta el colon transverso, pulmones, bronquios, corazón
XI. N. accesorios (o espinal)				+		Mm. trapecios, esternoclei-domastoideo
XII. N. hipogloso					+	Musculatura de la lengua

del arco branquial"), el *n.trigémino* (*V*, 1.er arco visceral), el *n.facial* (*VII*, 2.º arco visceral), el *n.glosofaríngeo* (*IX*, 3.er arco visceral), así como el *n.vago* (*X*, 4.º arco visceral) y el *n.espinal* aislado del mismo *(XI).*

Las aferencias de los nervios branquiales proceden de la piel de la cabeza (sensibilidad cutánea general, considerada por algunos autores como sensibilidad somática) y de las vísceras (sensibilidad visceral, incluido el gusto).

Las eferencias llegan a los derivados musculares del arco visceral en la región cabeza-cuello, así como a los ganglios orgánicos (ganglios vegetativos) de las vísceras (motilidad visceral, incluida la motilidad secretora). Sin embargo, los nervios visceromotores que van a la musculatura facial, faríngea y laríngea, y al m. trapecio y m. esternocleidomastoideo *—músculos que procediendo de esbozos viscerales son tomados al servicio de la comunicación con el ambiente—* poseen un componente *"especial visceromotor"*, son portadores de fibras nerviosas de transmisión rápida del tipo correspondiente a los nervios somatomotores (tramo terminal motor común).

En los vertebrados superiores, estos componentes de fibras están distribuidos desigualmente en los nervios branquiales intensamente diferenciados. Todas las porciones de fibras de los nervios branquiales —a diferencia de los nervios espinales— salen del encéfalo lateralmente o entran en éste respectivamente.

El *n.trigémino,* cuya participación en nervios branquiales ($V_{2,3}$) es ampliada por la incorporación de un esbozo sensitivo de nervio craneal (V_1) en el esbozo embrionario de la apófisis frontal, transmite primordialmente fibras de la sensibilidad cutánea y mucosa procedentes de la cabeza. Además de ello, el n.trigémino contiene "fibras visceromotoras especiales" para la musculatura masticadora.

El *n.facial* posee fibras visceromotoras (secretomotoras), así como fibras "especiales visceromotoras" para la musculatura facial y fibras viscerosensitivas (gustativas).

El *n.glosofaríngeo* y el *n.vago* están compuestos como el nervio facial; sus "fibras especiales visceromotoras" inervan la musculatura estriada de la faringe o esófago y laringe.

El *n.vago* posee, además de ello, un fuerte componente de fibras visceromotoras generales para el corazón, bronquios y el tracto digestivo, así como un pequeño componente de fibras de la sensibilidad cutánea general procedente del conducto auditivo externo.

El *n.espinal* es un componente motor independiente del n.vago con un extenso territorio nuclear que llega lejos en la medula cervical; el nervio —como componente de un nervio de un arco branquial— sale lateralmente de la medula espinal. El n.accesorio lleva únicamente fibras "visceromotoras", inerva el m.trapecio y el m.esternocleidomastoideo.

El **nervio hipogloso** *(XII)* se distingue de todos los nervios craneales en que está situado como *nervio espinal,* pero su raíz sensitiva degenera en el transcurso del desarrollo embrionario. Como *"raíz motora"*, el n.hipogloso sale de la zona ventrolateral del encéfalo en el extremo superior de una horquilla ventrolateral en la que todas las raíces espinales motoras siguientes abandonan la medula espinal.

c) Organización del sistema nervioso periférico (autónomo)

El sistema nervioso vegetativo inerva la musculatura lisa en las vísceras, vasos sanguíneos, glándulas, músculos erectores del pelo, corazón y órganos sexuales. Los pericariones, que *finalmente* inervan este órgano y tejido, se encuentran en *ganglios vegetativos.*

Ganglios vegetativos

Las *neuronas* ancladas en los *ganglios vegetativos* —la "segunda neurona de la conducción eferente vegetativa"— forman con los órganos inervados

por ellas una *unidad funcional* (comparable aproximadamente a la "unidad neuromuscular" de las neuronas motoras y las fibras de la musculatura esquelética, →pág. 113); por tanto, los ganglios vegetativos pueden también considerarse como "ganglios orgánicos" (fig. **63**). Mantienen una *separación* variable con sus órganos –determinada por procesos filo- y ontogénicos–. Desde el punto de vista topográfico los ganglios vegetativos se dividen en:

– *ganglios intramurales* (situados en los órganos; neuronas del parasimpático),
– *ganglios prevertebrales* (situados delante de la columna vertebral en la mitad del trayecto entre medula espinal y órganos; predominantemente neuronas del simpático, también parasimpáticas) y
– *ganglios paravertebrales* (situados junto a la columna vertebral cerca de la medula espinal; neuronas del simpático).

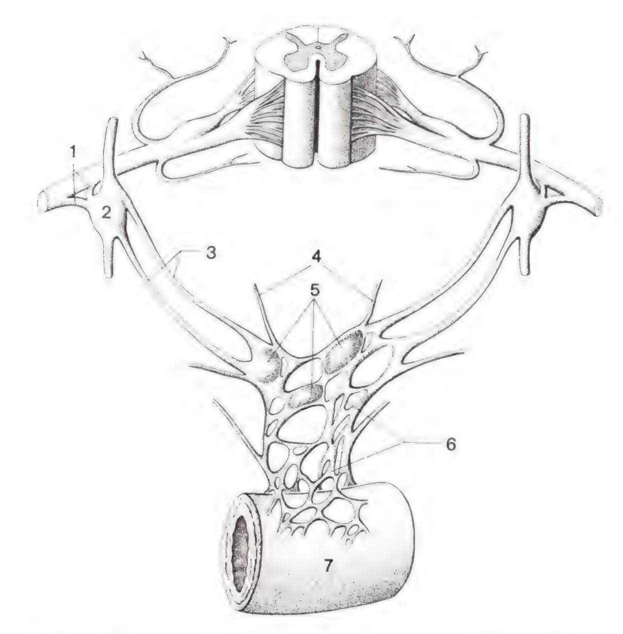


Fig. 63. **Ganglios vegetativos (ganglios orgánicos) y plexos** (división neuronal → Fig. 65).

1 Rr.comunicantes de los nervios espinales (→ Figs. 50 y 51)
2 Ganglio de la cadena del simpático
3 Nn.esplácnicos de la cadena del simpático
4 Ramas parasimpáticas
5 Ganglios vegetativos
6 Plexo vegetativo
7 Organo efector

Los ganglios vegetativos contienen los pericariones de la "segunda neurona de la conducción vegetativa aferente". La "primera neurona de la conducción vegetativa eferente", con sus pericariones, se encuentra aún *en el SNC* (→células radiculares simpáticas y parasimpáticas).

Simpático (Ortosimpático)

El "simpático" es un cordón notablemente unitario de ganglios y fibras nerviosas, el *tronco simpático*, que se encuentra a ambos lados de la columna vertebral *("cordón limitante simpático")*.
El **tronco simpático** (fig. **64**, véase también fig. **63**) se extiende desde la base del cráneo hasta el cóccix. Consta en ambos lados de una línea de ganglios que están unidos entre sí por haces de fibras nerviosas, ramas interganglionares, formando una cadena. Esta se encuentra delante de las apófisis transversas de la columna vertebral, delante de las cabezas de las costillas, lateralmente respecto a los cuerpos de las vértebras lumbares, en la región sacra, en posición media en los agujeros sacropélvicos.
Los **ganglios del tronco simpático**, con muy poca variabilidad, están desarrollados segmentariamente en la región torácica, lumbar y sacra; el par más inferior de ganglios sacros se fusiona en un ganglio impar. En la región cervical, en cambio, los ganglios del simpático se reducen a tres (más raramente dos) ganglios. El de mayor tamaño es el *ganglio cervical superior* fusiforme, de unos 2 cm de longitud, debajo de la base del cráneo; el pequeño *ganglio cervical medio* se encuentra a nivel de la 5.ª vértebra cervical, el *ganglio cervical inferior* se fusiona con el primer ganglio torácico formando el *ganglio cervicotorácico (ganglio estrellado).*

El **ganglio cervical superior** adquiere una especial significación porque en él se hallan los pericariones de la 2.ª neurona de todo el **simpático de la cabeza** (ojo, glándulas salivales y vasos), así como una parte del de la 2.ª neurona que va al corazón.
En la misma cabeza no existen ganglios simpáticos (salvo pequeños grupos aislados de los pericariones de las segundas neuronas del simpático); los ganglios vegetativos en la región de la cabeza contienen los pericariones de las segundas neuronas del parasimpático.

Ramos comunicantes. Los ganglios del tronco simpático están en conexión con los nervios espinales por medio de ramos comunicantes. En los *segmentos* C_8, $L_{2\text{-}3}$, en los cuales los pericariones de las neuronas preganglionares de todo el simpático se hallan en el asta lateral de la medula espinal, los *ramos comunicantes conducen fibras nerviosas pre- y postganglionares.* Las fibras preganglionares no solamente encuentran en el mismo segmento a sus neuronas postganglionares, sino que ascienden y descienden con *colaterales* en el cordón, y en otros ganglios del cordón o en los ganglios prevertebrales inervan todavía otras neuronas postganglionares.

Cada neurona preganglionar inerva un promedio de 8-10 neuronas postganglionares. Por ello, la excitación de neuronas preganglionares de la medula espinal conducida en un delgado haz de fibras es transmitida a un gran número de neuronas postganglionares, la *excitación se dispersa de manera difusa*. Hasta la D_7 predo-

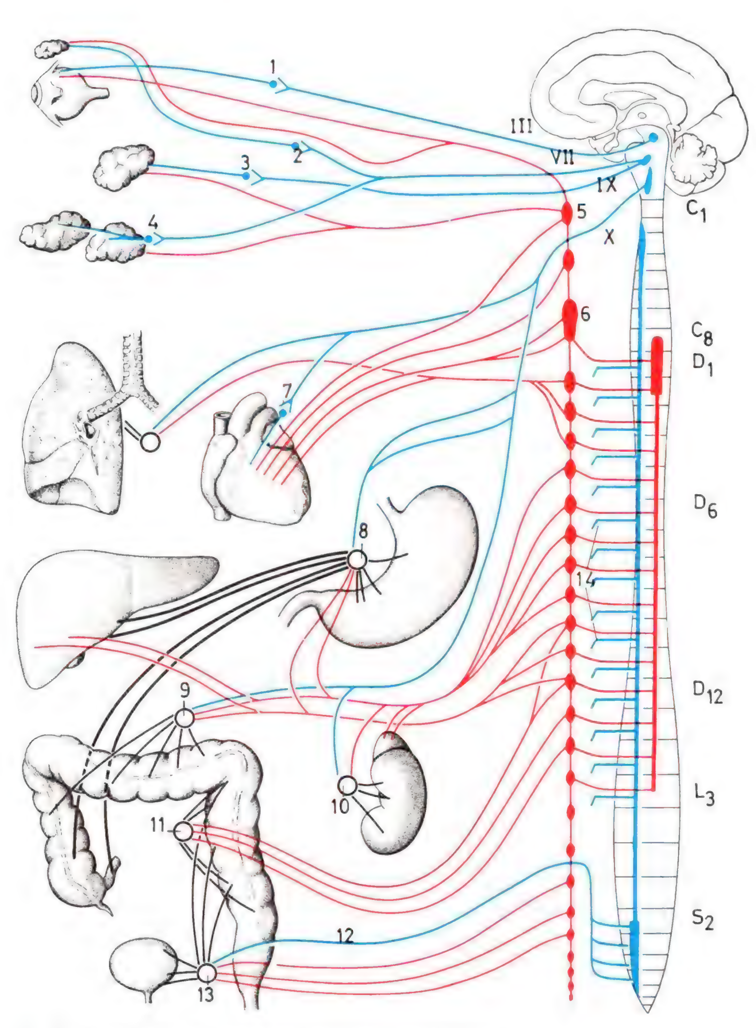


Fig. 64. **Esquema del sistema nervioso vegetativo.**
Simpático
Parasimpático

minan las colaterales ascendentes de las neuronas preganglionares; en el cordón cervical únicamente se encuentran fibras eferentes ascendentes. A partir de la D_{11} predominan las colaterales descendentes, el cordón lumbar y sacro es sólo portador de fibras descendentes eferentes.

Los **ramos interganglionares** constan en un 50 % aproximadamente de *colaterales* ascendentes y descendentes de los *ramos comunicantes preganglionares*. Las fibras restantes son fibras aferentes, principalmente "fibras dolorosas" de las vísceras. Sus pericariones se hallan en su mayor parte en los ganglios espinales, pero en parte también en los ganglios del tronco simpático. Estas fibras dolorosas entran en la medula espinal en los segmentos C_8-L_{2-3}.

Con anterioridad, las fibras dolorosas pueden realizar su trayecto más o menos largo en los ramos interganglionares como *conducción aferente "paramedular"* (junto a la medula).

Fibras nerviosas postganglionares salen del tronco simpático a todos los nervios espinales.

Las fibras nerviosas postganglionares procedentes del ganglio cervical superior discurren en su mayor parte como plexos con las arterias carótidas (p. ej., *plexo carotídeo externo, plexo carotídeo interno*) en la cabeza. Las fibras preganglionares para el ganglio cervical superior se originan de los segmentos medulares C_8-D_3.

Una lesión de los segmentos medulares C_8-D_3 o del cordón cervical simpático tiene como consecuencia el fallo del simpático de la cabeza, visible en el ojo del lado afecto: la musculatura lisa de la órbita inervada por el simpático y el iris del ojo pierde su tono; la pupila es pequeña, el ojo descendido, la abertura palpebral más estrecha (signo de Horner).

Las fibras nerviosas postganglionares **procedentes del ganglio cervical medio e inferior**, se dirigen al corazón y bronquios, el inferior emite además fibras postganglionares a la extremidad superior. Las fibras preganglionares de estos ganglios proceden de los segmentos D_3-D_7. Las fibras nerviosas postganglionares de los *restantes ganglios simpáticos* regresan nuevamente en los ramos comunicantes del nervio espinal y se dirigen con éste a la periferia hacia la pared torácica o a la extremidad.

◄ III N.motor ocular común
VII N.facial
IX N.glosofaríngeo
X N.vago
1 Ganglio ciliar
2 Ganglio pterigopalatino o de Meckel
3 Ganglio ótico o de Arnold
4 Ganglio submaxilar
5 Ganglio cervical superior
6 Ganglio cervical inferior (estrellado)
7 Ganglios cardíacos
8 Plexo celíaco
9 Ganglio mesentérico
10 Ganglios aorticorrenales
11 Ganglio mesentérico inferior
12 Nn.esplácnicos pélvicos (Nn.erectores)
13 Ganglios pelvianos
14 Fibras nerviosas vasodilatadoras y para las glándulas sudoríparas (fibras nerviosas vegetativas segmentarias)

Nervios viscerales. *Nervios esplácnicos.* Las fibras del simpático que van a las vísceras abdominales y pélvicas, en su mayor parte no están "conectadas" en los ganglios del simpático con la 2.ª neurona. Sus fibras *preganglionares*, que entran con los ramos comunicantes al cordón simpático, discurren como *nervios esplácnicos* junto a los ganglios simpáticos hacia la cavidad abdominal. Los pericariones de la 2.ª neurona de los nervios esplácnicos se encuentran en los *ganglios prevertebrales* de la cavidad visceral.

Los **ganglios prevertebrales** son acúmulos grandes, visibles macroscópicamente, de pericariones de segundas neuronas vegetativas; los ganglios prevertebrales se hallan frecuentemente en los vasos (ejemplos: ganglios celíacos, ganglio mesentérico superior, ganglio mesentérico inferior). Las fibras nerviosas postganglionares que salen de los ganglios prevertebrales se dirigen hacia las vísceras en densos plexos de fibras, plexos vegetativos, que se adosan a la pared de grandes arterias.

Variabilidad de los ganglios prevertebrales. En la colonización de segundas neuronas vegetativas en los ganglios, algunos pericariones no alcanzan totalmente la colonia y en ocasiones constituyen acúmulos más pequeños en situación proximal. Esto origina una gran *variabilidad* de los ganglios y explica el hecho de que también fuera de ellos, por ejemplo en todo el trayecto de los nn.esplácnicos se hallen pericariones de neuronas postganglionares y de que existan ganglios "intermediarios" entre el tronco simpático y los ganglios prevertebrales.

Como también los pericariones de las segundas neuronas del parasimpático de las vísceras torácicas, abdominales y pélvicas no siempre están desplazados totalmente hacia la periferia, *los ganglios prevertebrales contienen en gran número pericariones de las segundas neuronas parasimpáticas.* En los plexos de fibras postganglionares pueden, por tanto, discurrir también fibras nerviosas postganglionares parasimpáticas.

Parasimpático

"El parasimpático" no es una formación unitaria, en él se distingue la *porción cefálica* y la *porción sacra*; ambos inervan las *vísceras*, así como un *componente segmentario* que inerva la *pared torácica* y *extremidades* (figs. **62** y **64**).

Porción cefálica *(parasimpático mesencefálico-rombencefálico).* Una parte de las fibras parasimpáticas que se dirigen a las vísceras discurre con los *nervios craneales III, VII, IX y X.* La zona de dispersión parasimpática del n.vago limita cerca de la flexura izquierda del colon con la correspondiente al parasimpático sacro.

Porción sacra (parasimpático sacro). La porción sacra abandona con los *nervios espinales* S_{2-4} la medula espinal e inerva a través de los *nervios esplácnicos pelvianos* las vísceras de la pelvis menor.

Los *pericariones de la 1.ª neurona eferente* de estas dos partes del parasimpático yacen en los terrenos nucleares de los nervios craneales correspondientes o en la *base del asta lateral* de los segmentos medulares S_{2-4}.

Los pericariones de la 2.ª neurona están alojados en los *ganglios periféricos vegetativos* (figs. **62** y **64**).
En la cavidad torácica y abdominal se hallan los pericariones de las segundas neuronas del parasimpático, los "ganglios parasimpáticos" casi siempre cerca o en el órgano efector (→ Ganglios intramurales), los pericariones de las segundas neuronas del simpático, los "ganglios simpáticos", cerca de la columna vertebral. *Por consiguiente, las fibras nerviosas preganglionares del parasimpático son, por regla general, más largas que las del simpático.*

El parasimpático *mesencefálico-rombencefálico* y el *sacro* inervan las vísceras de la cabeza, así como las de la cavidad torácica, abdominal y pélvica, pero no la pared del tronco. Estas y las extremidades reciben las siguientes fibras nerviosas antagonistas del simpático.

Fibras nerviosas segmentarias vegetativas (parasimpáticas?). Muchos autores consideran como pertenecientes al parasimpático las neuronas preganglionares vegetativas, que se hallan en todos los segmentos medulares a nivel de la base del asta lateral y cuyos axones salen por la raíz anterior y (probablemente) encuentran su 2.ª neurona en el cordón simpático. Los axones de las segundas neuronas llegan como fibras postganglionares con los nervios espinales a la pared del tronco y extremidades. Estas fibras vegetativas segmentarias actúan sobre glándulas cutáneas.

A diferencia de las fibras simpáticas, que se extienden por la pared del tronco de manera no segmentaria, las fibras nerviosas segmentarias vegetativas se mantienen conservando estrictamente los límites segmentarios delimitados por las "fibras dolorosas".

Dado que las fibras vegetativas segmentarias inervan, entre otras, las glándulas sudoríparas, el fallo de la inervación de un segmento cutáneo puede ser demostrado con ayuda de un test de sudoración cutánea (químico).

Las *fibras nerviosas vegetativas*, que en los *vasos del cuero cabelludo actúan antagonísticamente (vasodilatadoras) al simpático*, se dirigen con las ramas del *n.trigémino* al cuero cabelludo. Sus pericariones preganglionares estarían situados en el territorio nuclear del n.trigémino, los pericariones de su 2.ª neurona en el ganglio (sensitivo) trigémino del n.trigémino. Se acepta, además, que también con las ramas del *n.facial* llegan fibras a la piel, que en lo que respecta a las *glándulas cutáneas se comportan como antagonistas (secretomotoras) del simpático.*

Plexo vegetativo

Las *fibras nerviosas vegetativas postganglionares* que desde los ganglios prevertebrales se dirigen a las vísceras, conducen tanto *componentes simpáticos como parasimpáticos.* La fibras nerviosas forman *plexos de fibras, plexo nervioso autónomo,* en la pared de la aorta y de las grandes arterias, con las que llegan a los órganos. Los componentes simpáticos y parasimpáticos en el plexo no son ya posibles de separar en la preparación anatómica. Aunque los plexos vegetativos en su mayor parte guardan una

dependencia mutua, partes de estos plexos nerviosos son denominados de manera especial, casi siempre según las arterias a cuyas paredes se aproximan, o según los órganos hacia los que se dirigen, por ejemplo *plexo celíaco, plexo renal.*

Sistema nervioso intramural

En la *pared de los órganos internos* (en el tracto gastrointestinal, vejiga urinaria, próstata, bronquios y otras localizaciones) se encuentran amplios *plexos de fibras nerviosas autónomas y pericariones de neuronas autónomas.* Ellas forman el *sistema nervioso intramural* del órgano (fig. **65**, véase también fig. **64**).

No está suficientemente aclarado si la totalidad del sistema nervioso intramural únicamente representa un *aparato reflejo orgánico propio* o si tampoco en él están representados –en algunos órganos predominantemente, o incluso de manera exclusiva– segundas neuronas parasimpáticas. El sistema nervioso intramural puede por una parte estimular aún una actividad del órgano aislado, pero por otra parte está bajo la influencia del simpático y del parasimpático.

Elementos de los reflejos viscerales

El sistema nervioso vegetativo periférico posee, como el animal, *conducciones aferentes, lugares de integración central* y *conducciones eferentes* y con ello los fundamentos anatómicos para los reflejos viscerales en el sentido más amplio. Estos pueden discurrir en el plano del tronco encefálico o de la medula espinal (sobre *receptores* en vísceras → Organos de sensibilidad visceral. *Estructuras efectoras nerviosas* en vísceras → tomo 3: Histología; sinapsis mioneurales de los nervios vegetativos).
Los **reflejos viscerales a nivel del tronco encefálico** desempeñan un importante papel en los mecanismos reguladores mediante los cuales se mantienen constantes las condiciones internas del organismo; funcionan como círculos reguladores (→Fisiología).

Los receptores miden la *tensión arterial* (en la pared del seno carotídeo y de la aorta), la *presión venosa central* (en la pared de las grandes venas), la *distensión pulmonar* (en el pulmón), la *tensión parcial de O_2 (glomus carotídeo, glomus aórtico)* entre otros. Sus *neuronas aferentes* discurren en los nervios craneales (*n.facial, n.glosofaríngeo, n.vago*), los *pericariones* se encuentran en los ganglios sensitivos de los nervios craneales correspondientes. Los axones de las neuronas aferentes van a *centros superiores* del tronco encefálico (centro circulatorio, respiratorio y otros → Formación reticular). *"Interoceptores centrales"* yacen en el mismo encéfalo (sensibilidad para el pH del líquido cefalorraquídeo, para la presión osmótica del plasma sanguíneo, para la diferencia arterio-venosa de la glucemia, etcétera).

Los **reflejos viscerales en la medula espinal** (fig. **65**) son conocidos en la región lumbar y sacra. Su *rama* aferente puede –como en el reflejo de defecación y micción– proceder *de las vísceras*, o bien –como excepcionalmente en el reflejo de erección y eyaculación– puede proceder de *receptores cutáneos.* Sin embargo, no existe ningún arco reflejo estricta-

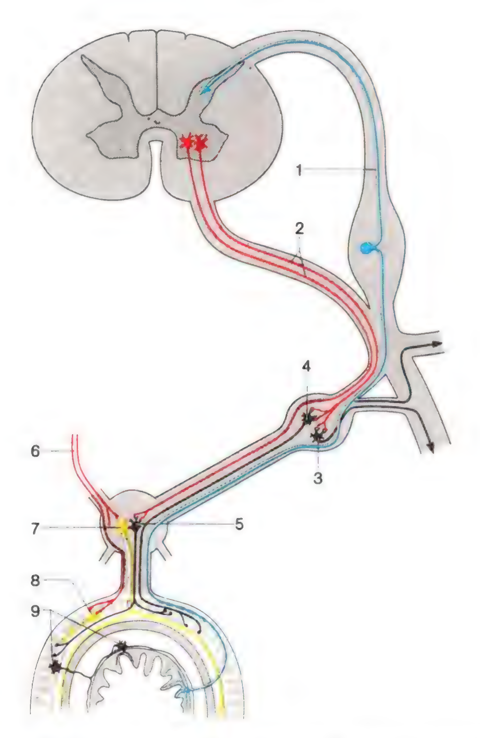


Fig. 65. **División neuronal en nervios vegetativos, ganglios y plexos** (fig. 63).

1 Neurona viscerosensitiva
2 Primera neurona visceromotora simpática
3 Segunda neurona simpática en el ganglio de la cadena simpática hacia la pared del tronco
4 Segunda neurona simpática en la cadena simpática hacia las vísceras del tronco
5 Segunda neurona simpática en el ganglio prevertebral (ganglio orgánico) hacia las vísceras
6 Primera neurona visceromotora parasimpática
7 Segunda neurona parasimpática en el ganglio prevertebral (ganglio orgánico) hacia las vísceras
8 Segunda neurona parasimpática en las vísceras
9 Neuronas del sistema nervioso intramural

mente segmentario en todos los segmentos medulares, comparable a los reflejos somatomotores.

En el **reflejo viscerovisceral,** aferencias de las visceras estimulan células radiculares vegetativas eferentes, frecuentemente en varios segmentos. Así, la distensión de la pared vesical origina la contracción refleja de la musculatura de la pared vesical y la relajación del esfínter vesical (reflejo de micción).

Un **reflejo viscerocutáneo** se origina cuando el axón de una célula radicular vegetativa eferente, que es excitada por medio de aferencias de las vísceras (en su trayecto a lo largo del cordón simpático), emite colaterales a la 2.ª neurona que inerva la pared del tronco. En enfermedades inflamatorias de órganos internos puede estar enrojecida (mayor irrigación) la pared del tronco en la parte afecta.
En el **reflejo visceromotor** las aferencias de las vísceras son transmitidas por colaterales a través de células intermedias a las neuronas motoras somatomotoras. Este arco reflejo sería el que actuaría en "la contractura defensiva refleja", un espasmo muscular de la pared abdominal sobre órganos abdominales enfermos (por inflamación).
En el **reflejo cutaneovisceral**, colaterales de axones de neuronas somatosensitivas transmiten la excitación de la piel a través de células intermedias a células radiculares vegetativas en la medula espinal. A través de este arco reflejo es posible una influencia de los órganos internos a partir de la piel (p. ej., mediante el calor).
Reflejo axónico vasodilatador. De las exploraciones fisiológicas se desprende que el estímulo de las fibras nerviosas aferentes de la piel origina la dilatación de los vasos sanguíneos del segmento cutáneo correspondiente. El efecto se presenta también cuando el nervio espinal es seccionado distalmente con respecto al ganglio espinal. El proceso se puede explicar debido a que el extremo dendrítico de la neurona aferente emite colaterales a los vasos sanguíneos en las proximidades de la piel, en los que la excitación es transmitida a éstos por conducción "antidrómica" eferente. El "arco reflejo" constaría con ello sólo del extremo receptor (dendrítico) de la neurona aferente de una colateral efectora que desprende una sustancia vasodilatadora. Otra explicación del reflejo axónico vasodilatador es la que expone que las neuronas eferentes desplazadas lejos en la periferia son excitadas mediante colaterales en la zona distal de la neurona eferente. Al frotar dedos fríos, por ejemplo, se produce calor (aumento de la irrigación) a través de un reflejo axónico vasodilatador. En personas predispuestas, el simple rascado de la piel puede provocar un enrojecimiento circunscrito o un empalidecimiento correspondiente (dermográfismo).

Dolor transmitido (Zonas de Head)

El *síntoma del dolor transmitido* consiste en que, en enfermedades de los órganos internos, determinadas zonas cutáneas, las *zonas de Head*, se hacen dolorosamente hipersensibles. Las zonas de Head coinciden con el territorio de dispersión de las fibras dolorosas de los nervios espinales; en la región del tronco las zonas adoptan forma de cinturón.

Este fenómeno no debe entenderse como un reflejo, *falta el arco reflejo*, pero demuestra que las aferencias vegetativas y animales pueden establecer un mutuo contacto a nivel segmentario. El síntoma se explica porque tanto las primeras neuronas aferentes procedentes de la piel como las procedentes de las vísceras inciden en una 2.ª neurona común, con lo que se hace imposible una localización del dolor. Pero dado que territorios nucleares centrales superiores han "aprendido" que los dolores casi siempre vienen de la superficie corporal, el segmento cutáneo correspondiente se hace "doloroso" *(teoría de la convergencia de las zonas de Head).*

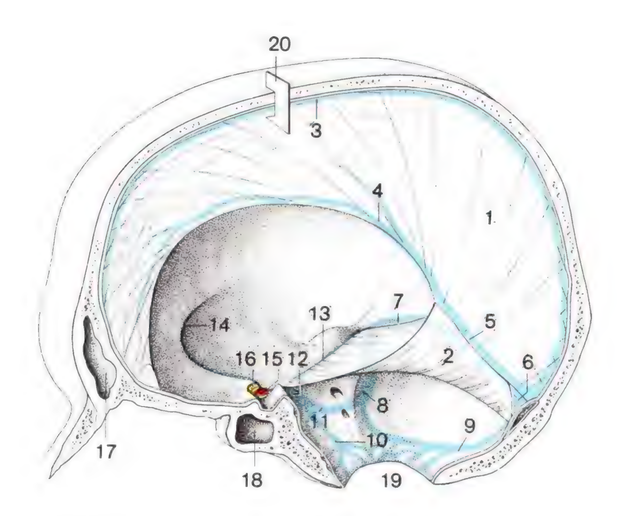


Fig. 66. **Duramadre.**

1 Hoz cerebral
2 Tienda del cerebelo
3-14 *Senos venosos*
3 Seno sagital superior
4 Seno sagital inferior
5 Seno recto
6 Confluencia de los senos
7 Seno transverso
8 Seno sigmoideo
9 Seno occipital
10 Plexo basilar
11 Seno petroso inferior
12 Seno cavernoso
13 Seno petroso superior
14 Seno esfenoparietal
15 A.carótida interna
16 N.óptico
17-18 *Senos paranasales*
17 Seno frontal
18 Seno esfenoidal
19 Agujero occipital
20 Corte aumentado → Fig. tomo 2

C. Meninges cerebrales y espinales

El sistema nervioso central posee tres envolturas conjuntivales, que en el encéfalo se denominan *meninges encefálicas* y en la región medular *meninges espinales*. De fuera hacia dentro siguen sucesivamente la
– *Duramadre* (paquimeninge),
– *Aracnoides*,
– *Piamadre*.
Aracnoides y piamadre forman conjuntamente la "leptomeninge" (meninge blanda en el sentido más amplio); encierran el espacio subaracnoideo, que está rellenado por el líquido cerebroespinal (fig. **67**).

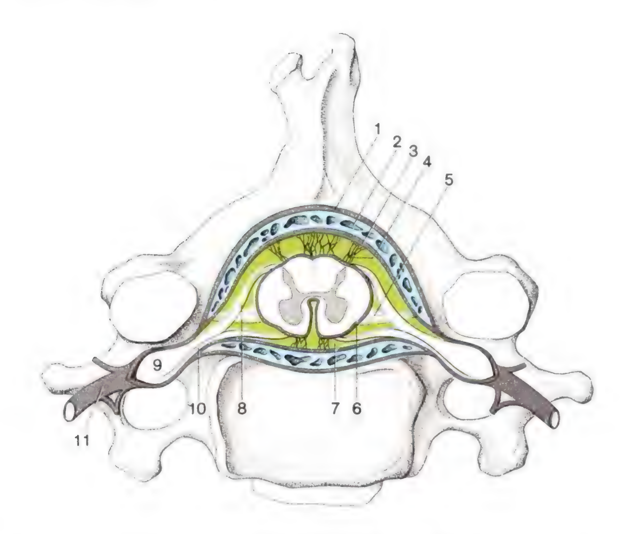


Fig. 67. **Meninges espinales y contenido del canal vertebral, 3.ª vértebra cervical.**

1 Periostio
2 Espacio epidural, contiene un plexo venoso
3 Duramadre espinal
4 Aracnoides espinal
5 Lig.dentado
6 Piamadre espinal
7 Espacio subaracnoidal
8 Raíz dorsal del nervio espinal con ganglio espinal (9)
10 Raíz ventral del nervio espinal
11 Nervio espinal

a) Duramadre

La **duramadre** es una membrana resistente formada por fibras de tejido conjuntivo. Su comportamiento es distinto en la cavidad craneana y en el conducto vertebral.

En la **cavidad craneana** la superficie externa de la duramadre encefálica está fuertemente *soldada* al periostio del hueso que limita la cavidad craneal, en el niño más fuerte que en el adulto, exceptuando unos pocos lugares en los que ambas hojas, perióstica y meníngea, se separan entre sí para formar *senos venosos* o para proporcionar espacio a arterias o nervios (fig. **66**). En la cavidad craneana no existe un espacio epidural que rodee a la duramadre.

Las vías conductoras –a excepción de los nervios craneales que abandonan la cavidad craneana– tienen a su cargo territorios en ambos lados, tanto para la duramadre como para los huesos del cráneo. La cara interna de la dura es lisa.

Septos de la duramadre. La duramadre encefálica penetra con *formaciones tabicarias* en las grandes hendiduras entre las dos partes encefálicas,

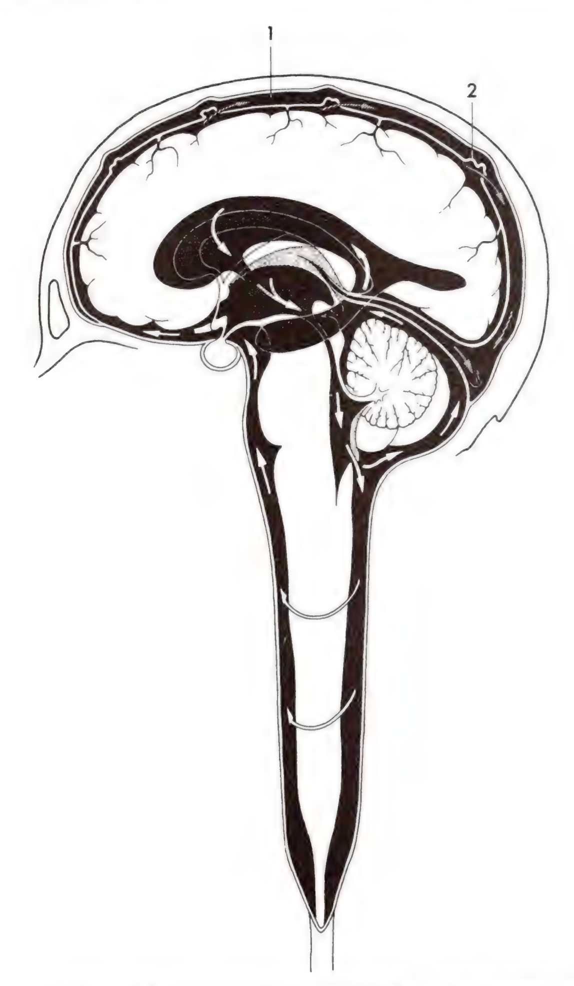


Fig. 68. **Circulación del líquido cerebroespinal en el sistema ventricular y espacio subaracnoideo** (según GARDNER, de MUMENTHALER, M.; Neurología; 5.ª edición, Stuttgart, Thieme 1976).
1 Seno sagital superior 2 Granulación aracnoidea

según la ordenación y trayecto de las fibras y las fuerzas horizontales de los huesos de la calota craneana. La *hoz del cerebro* separa los dos grandes hemisferios. La *tienda del cerebelo* recubre el cerebelo, la *hoz del cerebelo* se abomba hacia los hemisferios cerebelosos.

Los *senos venosos* de la duramadre son espacios sanguíneos tubulares o en forma de hendidura entre la duramadre meníngea y perióstica o entre ambas hojas de la duramadre, a partir de las cuales se originan septos de la duramadre. La pared del seno está formada por fibras de tejido conjuntivo y revestida por endotelio. Al contrario que la pared venosa, es rígida y carece de capa muscular.

En el **canal vertebral** la *duramadre espinal* y el *periostio* están separados (fig. **67**); se forma un espacio epidural lleno de tejido adiposo, que aloja venas, arterias y nervios sensitivos de la duramadre. El espacio epidural hace al saco dural independiente de los movimientos de la columna vertebral y sirve con ello al equilibrio de la medula espinal.

b) Aracnoides

La aracnoides (figs. **67** y **68**), una formación trabecular de fibras de tejido conjuntivo, revestida de epitelio, se cubre totalmente con una hoja externa epitelial delgada de la dura. Es mantenida en esta posición por la tensión del líquido cerebroespinal que rellena el espacio subaracnoidal. En el cadáver, al disminuir la tensión del líquido cefalorraquídeo se forma una hendidura entre la aracnoides y la dura. Al extraer el encéfalo, la aracnoides queda por regla general adherida al encéfalo.

Vellosidades aracnoideas, *granulaciones aracnoideas* o granulaciones de Pacchioni. Son pequeños botones conjuntivales avasculares que se introducen desde la aracnoides (externa) en dilataciones del seno de la duramadre (de modo análogo también en las venas de los orificios intervertebrales). Se consideran como vía de drenaje del líquido cefalorraquídeo.

Espacio subaracnoideo (fig. **68**). Desde la aracnoides (externa), numerosas trabéculas en forma de telaraña se dirigen a través de la cavidad subaracnoidea a la superficie externa de la piamadre, que, por su parte, está adherida perfectamente a la superficie del encéfalo y medula espinal. El espacio subaracnoideo está rellenado con líquido cefalorraquídeo. El espacio subaracnoideo de la cavidad craneana está en conexión continua con el conducto vertebral.

Cisternas. Dado que la superficie interna de la cavidad craneana, revestida por la duramadre y (externamente) por la aracnoides, y la superficie del encéfalo, en ciertos lugares se separan, se originan en la cavidad craneana *dilataciones circunscritas del espacio subaracnoideo, cisternas subaracnoideas* (fig. **68**).

c) Piamadre

La *piamadre* se adapta estrechamente como tejido conjuntivo laxo a la superficie del encéfalo y medula espinal y se introduce en todos los surcos (véase fig. **67**). La piamadre recubre las ramas de los vasos cerebrales y penetra con éstos en un corto trayecto en forma de embudo en el tejido

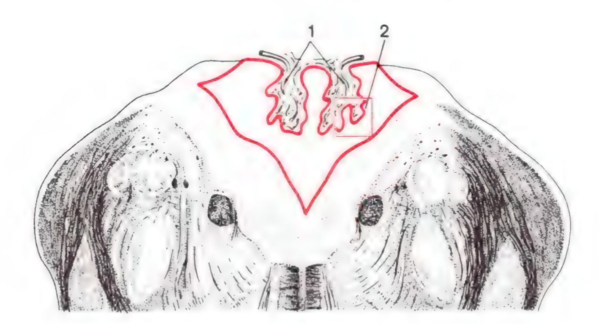


Fig. 69. **Corte a través de la fosa romboidea.**
La línea roja marca las células ependimarias que revisten el ventrículo y forman el epitelio del plexo.
1 Plexo coroideo
2 Fragmento aumentado → fig. 70

cerebral y meduloespinal. El cerebro extraído de la cavidad craneana y la medula espinal están cubiertos por la aracnoides y la piamadre.

d) Líquido cefalorraquídeo

El líquido cefalorraquídeo llena como "líquido interno" los ventrículos cerebrales, como "líquido externo" los espacios subaracnoideos. Los líquidos interno y externo de la cavidad craneana se comunican entre sí mediante tres orificios del IV ventrículo cerebral (fig. **68**). El líquido de la



Fig. 70. **Plexo coroideo**, fragmento de la figura 69.
1 Células epiteliales del plexo
2 Capilares sinusoides

cavidad craneana está en comunicación con el del conducto vertebral. La cantidad total de líquido cefalorraquídeo es en el adulto de unos 140 ml.

El *líquido cefalorraquídeo* protege al encéfalo y a la medula espinal frente a las acciones *mecánicas* (distribución de la tensión, por ejemplo al presentarse fuerzas centrífugas), también contra acciones térmicas en colaboración con la cápsula ósea y sus conducciones venosas. El líquido desempeña un papel en la *compensación de oscilaciones de volumen* de las arterias cerebrales. El papel del líquido como vía de transporte de productos de excreción y productos finales del metabolismo, para hormonas etc., está aún poco aclarado; no obstante, en el encéfalo y la medula espinal (probablemente) debe asumir las misiones de la linfa en otros órganos, como *líquido intersticial* intercelular. El cerebro y la medula espinal no poseen vasos linfáticos.
Dinámica del líquido cefalorraquídeo. El liquido cefalorraquídeo se forma en un 55 % en los *ventrículos cerebrales* y en un 45 % en el *espacio subaracnoideo*; en 24 horas se producen unos 700 ml. El líquido *interno* es segregado en un 50 % aproximadamente por formaciones parecidas a vellosidades ricas en vasos, de la pared encefálica, el *plexo coroideo,* y en otro 50 % por las *paredes ventriculares.* Las zonas de secreción del líquido externo no son conocidas con exactitud.

Los **plexos coroideos** que se introducen en los cuatro ventrículos están recubiertos en su superficie ventricular por un *epitelio* cúbico simple (figs. **69** y **70**) que muestra signos de secreción (tomo 3: Histología; plexo coroideo). Por su origen, el epitelio es una parte involucionada de la pared encefálica. Desde fuera es propulsado hacia la luz del ventrículo por medio de numerosos ovillos vasculares parecidos a vellosidades. Los plexos coroideos poseen una fuerte pulsación vascular, que se transmite al líquido cefalorraquídeo.

Una **corriente de líquido cefalorraquídeo** se establece entre las zonas de secreción y las de resorción del líquido. A ella se superponen por movimientos oscilantes, producidos por la pulsación de los vasos cerebrales y por movimientos respiratorios y de compresión.
Como *zonas de resorción* del l.c.r. se consideran, entre otras, las *vellosidades aracnoideas.* El l.c.r., a través de vainas conjuntivales, prolongaciones meníngeas que acompañan a los nervios cerebrales y mieloespinales, fluye además a las vías linfáticas de la periferia.

VII. Piel y formaciones anejas

Se denomina *piel* el revestimiento de la superficie corporal externa. La piel presenta una diferenciación distinta en las distintas partes del cuerpo. Son formaciones específicas de la piel los órganos sensitivos cutáneos, así como las formaciones anejas: glándulas cutáneas, pelos y uñas.

Las mucosas se distinguen de la piel: recubren superficies internas a excepción de la conjuntiva ocular, que a menudo es incluida en las mucosas. En los orificios corporales –labios, orificios nasales, desembocadura uretral, orificio vaginal y ano– así como en el borde de los párpados, la piel se continúa de manera inmediata con una mucosa.

A. Piel

La piel, que en el adulto tiene una superficie de 1,6 m^2, es un órgano con diversas misiones y sirve de maneras distintas a la protección del cuerpo.

Función de protección. La piel protege al cuerpo de lesiones mecánicas, térmicas y químicas, así como de la penetración de numerosos gérmenes patógenos mediante la queratinización del epitelio y la secreción glandular.

Numerosas sustancias (p. ej., pomadas, medicamentos disueltos en pomadas) pueden no obstante penetrar en la piel.

Regulación de la temperatura. Mediante la dilatación o constricción de los vasos sanguíneos cutáneos y la secreción de líquido por las glándulas cutáneas, la piel colabora a la regulación de la temperatura corporal.

La ropa inadecuada, que impide la pérdida de calor, puede ocasionar una estasis térmica con leve aumento de la temperatura.

Equilibrio hídrico. La piel protege al cuerpo, por una parte, de pérdidas líquidas, y por otra cede líquido y sales en cantidades reguladas por glándulas.

La pérdida de piel (p. ej., en quemaduras) en sólo un 9 % de la superficie corporal (aproximadamente la piel de un brazo) conduce ya, entre otras cosas por pérdida de agua y sal, a un estado de amenaza vital.

Función sensitiva. Un gran número de receptores, órganos sensoriales cutáneos, convierte a la piel en conjunto en un órgano sensorial, a través del cual son percibidos estímulos mecánicos y térmicos, así como dolorosos.

Con la pérdida de estas funciones sensoriales, el hombre sufre problemas mecánicos, térmicos o químicos.

Comunicación. Mediante ruborización, palidecimiento, erizamiento del cabello y otras manifestaciones –reguladas por fibras eferentes de nervios vegetativos– la piel se convierte en un "órgano de transmisión del sistema nervioso vegetativo", en un órgano de comunicación.

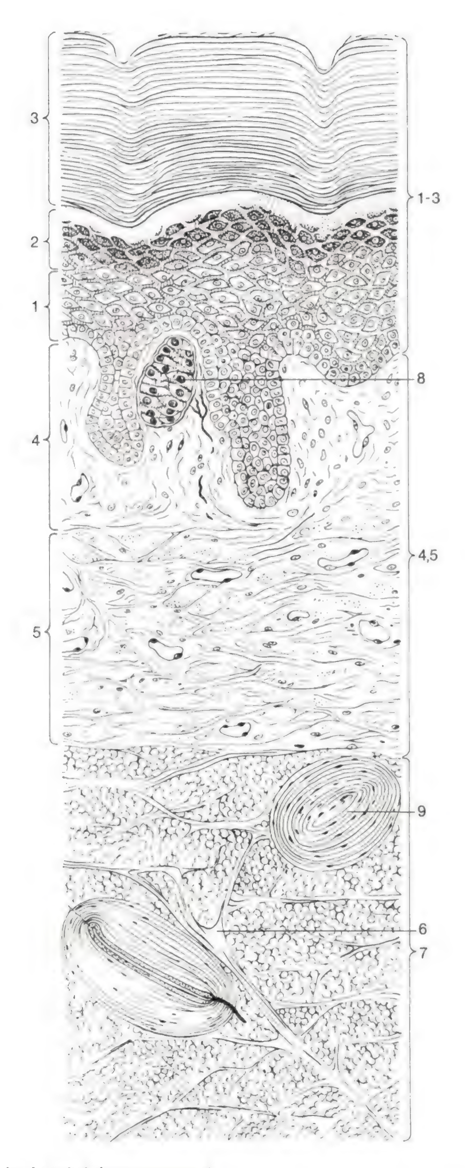


Fig. 71. **Corte de la piel (tegumento).**
(De FENEIS, H.: Anatomisches Bildwörterbuch, 4.ª ed., Stuttgart, Thieme, 1974.)

También la resistencia eléctrica de la piel es influida, entre otras cosas, por el sistema nervioso vegetativo a través de la secreción glandular (fundamento del "detector de mentiras").
Función inmunitaria. La piel posee una notable porción de células del sistema defensivo específico, participa en procesos defensivos inmunobiológicos de manera especialmente importante para el médico.

Modalidades específicas de rección de la piel generalmente conocidas son, por ejemplo, las alteraciones cutáneas que se presentan en la escarlatina, el sarampión y la rubeola.
La piel es más asequible a la observación y exploración del médico que cualquier otro órgano. Puesto que además participa en la sintomatología de numerosas enfermedades generales (p. ej., cianosis en las cardiopatías, eritemas circunscritos en enfermedades infecciosas, modificaciones en los trastornos nutritivos, trastornos hormonales etc.), la piel exige un especial interés del médico. En el diagnóstico diferencial de cada una de las enfermedades internas, la piel merece casi siempre consideración.

La mayor parte de estas diversas funciones son capacidades conjuntas de estructuras de todas las capas que componen la piel.

1. Capas de la piel

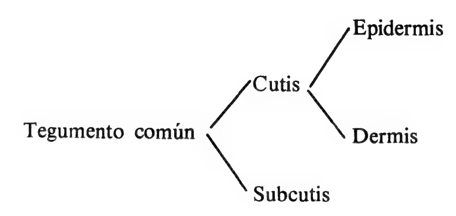
La piel está formada por dos componentes. La capa cutánea superficial procede de la capa ectodérmica; las capas más profundas se desarrollan del mesénquima subyacente (tomo 4: Histología; membrana basal).

La **cubierta cutánea,** *tegumento común*, está compuesto por cutis y subcutis (fig. **71**).
La **piel**, o *cutis*, consta, por su parte, de dos capas:
la *epidermis*, un epitelio plano poliestratificado queratinizado, y
la *dermis* o *corion*, una estrecha malla de fibras colágenas y redes elásticas que está encajada con la epidermis.

El cutis y la dermis se subdividen en varias capas.

El **subcutis** es una capa de tejido conjuntivo que contiene tejido graso y está dividida en compartimientos por haces conjuntivales; está fuertemente unida al corion, pero es desplazable con respecto a la fascia corporal general.

◄ 1-5 *Cutis* = Epidermis y dermis
1-3 *Epidermis*
1 Capa de regeneración
2 Capa de queratinización
3 Capa córnea
4, 5 *Dermis*
4 Estrato papilar
5 Estrato reticular
6 Ligamentos del cutis
7 Tejido celular subcutáneo
8 Corpúsculos táctiles de Meissner
9 Corpúsculos laminares de Vater-Pacini



La constitución histológica y espesor de las capas cutáneas varían intensamente en las distintas partes del cuerpo (tomo 3: Histología; piel).

a) Epidermis

La *epidermis* forma, como capa superficial, el cierre de la piel, y con ello la superficie cutánea (fig. **71**).

Superficie cutánea

La *superficie cutánea* posee un relieve grosero variable y un relieve fino constante.
El *relieve grosero* se origina por la *formación de pliegues*; en jóvenes bien alimentados por *pliegues de reserva*. Estos se manifiestan con evidencia en las articulaciones, especialmente en aquellas zonas de extensión en las que quedan borradas mediante la flexión. Al aumentar la edad del individuo se presentan normalmente otros *pliegues* en otras partes corporales. Ellos se deben primordialmente a modificaciones de la sustancia fundamental del tejido conjuntivo juntamente con la disminución del contenido acuoso, así como a la disminución de la elasticidad de las redes elásticas en el tejido conjuntivo cutáneo. En lo que respecta al *relieve fino*, se distingue la *piel poligonal* y la *piel lineal*.
La **piel poligonal** que constituye con mucho el componente mayor de la piel, está dividida en campos romboideos por surcos finos en forma de ranuras. Según la variada exigencia mecánica local, el ensamblaje entre epidermis y dermis es de fortaleza diferente; la piel de la rodilla y el codo está caracterizada por numerosos y profundos engranajes, mientras que la piel de la mejilla posee, por el contrario, unos engranajes más planos y menos numerosos.

A nivel de los campos desembocan glándulas sudoríparas, y en zonas circunscritas también glándulas odoríferas. En los surcos existen pelos con glándulas sebáceas.

La **piel lineal** que reviste la palma de la mano y la planta del pie, muestra líneas y surcos cuya ordenación obedece a la configuración de la dermis (→ Cuerpos papilares). En la zona de la piel lineal la epidermis y la dermis están fuertemente ensambladas. El modelo de las líneas está fijado genéti-

camente, o sea que es característico para cada individuo; por ello, después de la pérdida de las capas cutáneas más superficiales, por ejemplo después de quemaduras, con la regeneración recupera su forma original.

En la yema de los dedos se distinguen cuatro tipos —en sí variables— de modelos lineales: arco, lazo, lazo doble y espiral. El desarrollo individual específico de los modelos lineales de la yema de los dedos, determinado genéticamente, constituye el fundamento de la utilización de las huellas dactilares (dactilograma) en los servicios de identificación.
La piel lineal no posee pelos ni glándulas sudoríparas ni olorosas. Las glándulas sudoríparas desembocan en la zona de pliegues.

Capas de la epidermis

La **epidermis**, un epitelio plano poliestratificado queratinizante, en la mayoría de las partes corporales es de un espesor de 0,04 mm, máximo de 0,2 mm. En el hueco de la mano y planta del pie (piel lineal) la epidermis mide 0,75-1,2 mm, en las callosidades 2 mm y más.
La epidermis se regenera constantemente a partir de una capa epitelial basal. De las dos células hijas de una de las numerosas mitosis, una emigra en el curso de 30 días a la superficie, con lo que las células —que se queratinizan gradualmente— modifican el aspecto y el color y finalmente son expulsadas como escamas córneas. El proceso conduce al desarrollo de capas epidérmicas visibles microscópicamente (fig. **71**): la *capa de regeneración* (estrato germinativo), la *capa de queratinización* (estrato granuloso y estrato lúcido) y la *capa córnea* (estrato córneo) (tomo 3: Histología; piel).

Las escamas córneas son resistentes frente a los ácidos; con cáusticos se disuelven, sin embargo, los desmosomas y con ello las células epiteliales. La queratinización es regulada por la vitamina A; el déficit de vitamina A da lugar a una queratinización excesiva, hiperqueratosis.

Melanocitos. La capa de regeneración de la epidermis contiene, además de células epiteliales, otro tipo celular, los *melanocitos.* Estos producen en la fase postnatal el pigmento negro pardusco melanina y lo ceden a las células epiteliales —en razas blancas sólo en pequeña cantidad—, en los de piel oscura en mayor medida. El pigmento melánico protege las capas epidérmicas basales frente a los rayos ultravioletas que son lesivos para las mitosis. Mediante la irradiación intensificada puede ser provocada la formación de melanina (piel tostada por el sol).

Color de la piel

El color de la piel es determinado predominantemente por dos factores: el *color de la sangre de los vasos cutáneos* y los *melanocitos*; otro componente cromático de la piel se origina por el almacenamiento de *carotina* en la epidermis. El color de la piel presenta en los individuos de razas de piel clara las diferencias locales siguientes:
El *color rojo de la sangre arterial* determina el color de la piel facial, palmas de la mano, planta del pie, mitad superior del tronco y zonas glúteas.

El *color azul de la sangre venosa* predomina en la mitad inferior del tronco y en el dorso de las manos y pies.
La *pigmentación melánica* parda se presenta con mayor intensidad en la piel de la cavidad axilar, de los genitales externos y de la cara interna de los muslos, así como en la piel perianal. Debido al efecto de la luz, la piel de la cara y la piel de otras regiones corporales expuestas a la luz muestran también un incremento de pigmentación melánica.
La *carotina* origina un color amarillento rojizo predominantemente en la cara, palma de la mano y planta del pie, que puede ser incrementada por la alimentación rica en carotina.

Una coloración azulada más intensa en las zonas cutáneas dependientes de la sangre arterial, cianosis, indica un déficit de oxígeno de la sangre arterial, por ejemplo en las cardiopatías.

b) Dermis o corion

La dermis es una malla densa de fibras colágenas, atravesada por redes elásticas (fig. **71**). Da a la piel resistencia a los desgarros y deformabilidad regresiva; del corion de pieles de animales, mediante su curtido, se obtiene el cuero. La dermis posee numerosos vasos sanguíneos y linfáticos, ner-

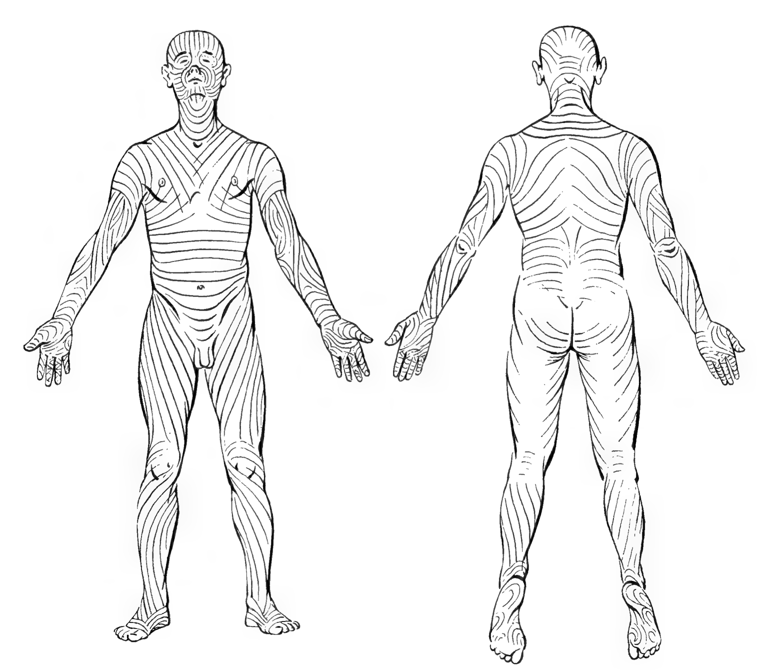


Fig. 72. **Líneas de hendidura de la piel** (según BENNINGHOFF).

vios y receptores, comprende la raíz del pelo y sus vainas, así como las glándulas cutáneas. En las mallas de la dermis hay células conjuntivales y células del sistema defensivo. Según la ordenación de las fibras se distinguen dos capas o estratos de la dermis: estrato papilar y estrato reticular (fig. **71**).

Capas de la dermis

El **estrato papilar** limita inmediatamente con la epidermis y está engranado con ésta por asas de fibras colágenas a modo de mamelones, las *papilas conjuntivales*; éstas se introducen en cavidades correspondientes de la epidermis y actúan contra una fractura por corte con tijeras. El tejido conjuntivo laxo que acompaña a las fibras colágenas contiene asas de capilares sanguíneos, capilares linfáticos, ramificaciones nerviosas y receptores (corpúsculos táctiles de Meissner), así como *células conjuntivales* (fibrocitos y células del sistema defensivo).
El **estrato reticular** continúa el estrato papilar hacia el subcutis. El estrato reticular contiene fuertes haces de fibras colágenas entrelazadas; a ellas se debe la resistencia al desgarro de la piel. La distensibilidad de la piel obedece primordialmente a modificaciones de los ángulos de los haces de fibras colágenas; las redes elásticas efectúan la reordenación de la malla de fibras.
La red de fibras colágenas está dirigida variablemente según la localización; el pinchazo con una aguja en la piel deja una hendidura y no un orificio circular. La dirección de la línea de hendidura se acompaña de diferencias tensionales en la piel (fig. **72**).

Si se corta perpendicularmente al trayecto de las líneas de hendidura, entonces se abre la piel. El cirujano sitúa los cortes de la piel en lo posible en dirección de dichas líneas, con ello se acelera la curación y el resultado estético es mejor.
En caso de hiperdistensión acentuada de la piel, por ejemplo de la piel del abdomen en el embarazo, se producen desgarros en el tejido del corion que aparecen como estrías de color claro, estrías del embarazo.

c) Subcutis

El *subcutis*, un tejido conjuntivo laxo, rico en tejido adiposo y distribuido en compartimientos por fascículos de fibras conjuntivales, constituye la unión entre piel y fascia corporal superficial (fig. **71**) y facilita el deslizamiento de la piel. El subcutis es un importante almacenador de grasa y un aislador. El tejido adiposo –dividido en compartimientos por fibras conjuntivas– se presenta como "grasa estructural" (p. ej., en la planta del pie). Más frecuentemente el tejido adiposo se presenta como grasa de depósito (p. ej., panículo adiposo debajo de la piel del tronco) (tomo 3: Histología; tejido adiposo).

El desarrollo de la “grasa de depósito” viene determinado también por factores genéticos y es regulado por hormonas; en el hombre la grasa subcutánea se deposita preferentemente en la piel del abdomen, en la mujer en la piel del pecho, caderas y nalgas.
Conexiones rígidas de la piel con la zona subcutánea se originan debido a fascículos bastos de fibras conjuntivas (p. ej., en el hueco de la mano, talón del pie). En la región de la cara, cuero cabelludo y ano, la piel está fuertemente unida con la musculatura o tendones subyacentes (en la cara es la base de la mímica).
Las uniones laxas de la piel con el tejido subyacente posibilitan una gran desplazabilidad. Esta es intensificada en algunas regiones por la falta de tejido conjuntivo subcutáneo (p. ej., párpados oculares, labios, pene, escroto).

Las porciones cutáneas de unión laxa con la región subyacente tienen una tendencia morbosa al acúmulo de líquido, a la formación de edemas.

2. Vasos y nervios del cutis y subcutis

a) Vasos sanguíneos y linfáticos

Los vasos sanguíneos de la piel fuertemente vascularizada sirven simultáneamente a la nutrición de la piel y a la regulación de la temperatura corporal.
Regulación de la temperatura. La energía térmica, principalmente originada en los músculos y en el hígado, es transmitida con la sangre a la piel; se produce un gradiente de temperatura que es regulado por las arteriolas y anastomosis arteriovenosas de la piel. Una irrigación mayor conduce una mayor cesión de calor, la temperatura del “caparazón del cuerpo” (piel del tronco, partes distales de brazos y piernas) aumenta. En caso de menor irrigación desciende la cesión de calor y la temperatura del “caparazón del cuerpo”. La temperatura del “núcleo corporal” (partes centrales de tronco y cabeza) permanece constante.

Las mediciones de la temperatura corporal en la zona del "caparazón del cuerpo" pueden, por tanto, sólo ser comparadas directamente si son tomadas en la misma localización y con la misma temperatura ambiente. La temperatura del "núcleo corporal" puede medirse por vía oral o rectal.

Las **arterias** de la piel (fig. **73**) forman una malla entre cutis y subcutis de la que descienden ramas a las raíces pilosas y glándulas sudoríparas y ascienden a los cuerpos papilares. Las ramas ascendentes forman un plexo subpapilar que emite asas capilares a las papilas conjuntivales de la dermis.

A través de las *anastomosis arteriovenosas* –órganos arteriovenosos pequeños en las zonas acres (punta de los dedos)– es posible mediante rodeo de las asas capilares para la regulación de temperatura que sea influida notablemente la velocidad de corriente en arterias y venas.

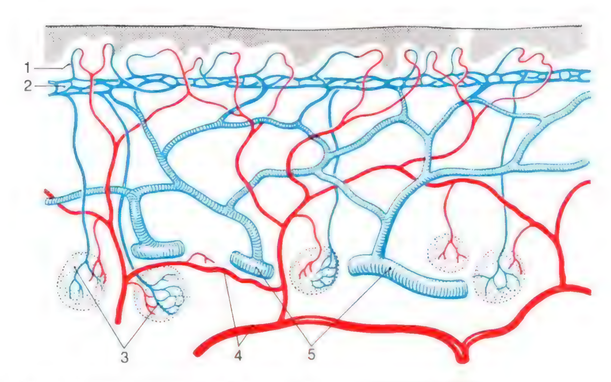


Fig. 73. **Vasos sanguíneos de la piel** (según HORSTMANN).
1 Asas capilares
2 Plexo venoso cutáneo
3 Ramas a las raíces pilosas y glándulas sudoríparas
4 Arterias
5 Venas

El espesor de las asas capilares oscila, entre 20-60 asas capilares/mm^2. Dado que la tensión de los tejidos normalmente es inferior a la tensión de la sangre en los capilares, éstos permanecen abiertos.

En caso de presión externa de 60-80 mm Hg y más, que por ejemplo se produce entre piel y sábana en pacientes que guardan cama, los capilares sufren estrangulamientos. Si la presión es de poca duración no tiene consecuencias, pero si es prolongada la piel sufre trastornos tróficos, se forman úlceras por decúbito.

Las **venas** forman igualmente redes debajo de las papilas, en la dermis y en el subcutis (plexo venoso cutáneo, fig. **73**).

Los **vasos linfáticos**, dispuestos en forma de red en las capas de la piel, reciben aflujo de los capilares linfáticos del cuerpo papilar. La linfa fluye en su mayor parte a través de vías linfáticas subcutáneas. Existen conexiones en vías linfáticas subfasciales, en diferente número según su localización.

b) Nervios

La piel está ricamente inervada, tanto por nervios sensitivos como por fibras nerviosas vegetativas eferentes.

Las *fibras nerviosas vegetativas eferentes* inervan los vasos sanguíneos, glándulas y músculos pilosos de la piel.

Los *nervios cutáneos sensitivos* constituyen, por una parte, un sistema de alarma para la protección del cuerpo, por otra, están al servicio de importantes procesos de regulación, por ejemplo de la regulación térmica. Los nervios cutáneos sensitivos transmiten numerosas percepciones sensoriales distintas: contacto, presión,

vibración, cosquilleo, dolor, calor, frío, etc. Al menos algunas de ellas están compuestas por varias percepciones a la vez, que son atribuibles a percepciones mecánicas, térmicas y dolorosas.
La identificación de estructuras nerviosas determinadas de la piel como receptores específicos de estas percepciones sensoriales cutáneas, consecuencia de exploraciones fisiológicas, sólo es posible hasta un cierto límite. En algunas percepciones sensoriales desempeña, además, un papel la integración central de las aferencias procedentes de la piel.

Las *prolongaciones dendríticas de los nervios cutáneos sensitivos* terminan o en *corpúsculos nerviosos terminales* o como *terminaciones nerviosas libres* (tomo 3: Histología; sentidos cutáneos).

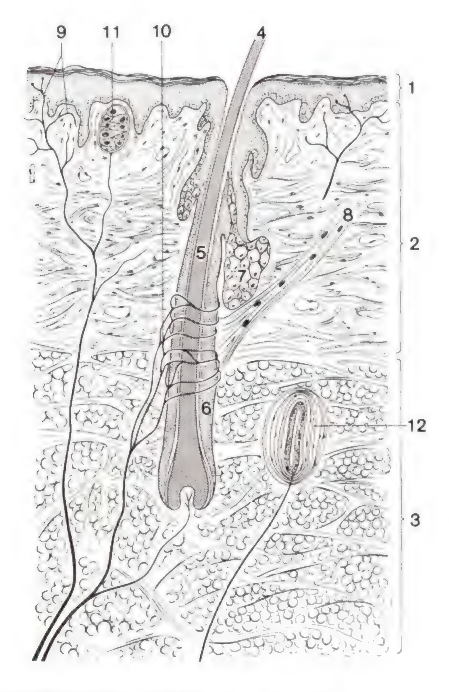


Fig. 74. **Pelo y terminaciones nerviosas en la piel.**

1 Epidermis
2 Dermis
3 Tejido celular subcutáneo
4 Pedículo de tallo piloso
5 Raíz pilosa
6 Vaina de la raíz pilosa
7 Glándula sebácea
8 M.erector del pelo
9 Terminaciones nerviosas libres en la epidermis y la dermis
10 Terminación nerviosa en la vaina de la raíz pilosa
11 Corpúsculo táctil de Meissner
12 Corpúsculo laminar de Vater-Pacini

Corpúsculos nerviosos terminales

Los *corpúsculos nerviosos terminales* de la piel (figs. **71** y **74**) son considerados como *mecanorreceptores*. En los corpúsculos nerviosos terminales las terminaciones nerviosas están transformadas, junto con otros elementos tisulares celulares, en pequeños órganos sensoriales que están rodeados de una cápsula conjuntiva de desarrollo variable.

Las fibras nerviosas aferentes de corpúsculos nerviosos terminales (= prolongaciones dendríticas de células ganglionares seudounipolares del ganglio espinal) son mielínicas del tipo Aβ (diámetro 10-15 μm, velocidad de conducción 30-60 m/s). Una fibra nerviosa puede estar unida mediante colaterales con varios corpúsculos.

Entre las numerosas formas conocidas, los *discos táctiles de Merkel*, los *corpúsculos táctiles de Meissner* y los *corpúsculos laminares de Vater-Pacini*, así como los *corpúsculos genitales*, se presentan regularmente en determinadas localizaciones (tomo 3: Histología; sentidos cutáneos).

Los **discos táctiles de Merkel** son células claras en capas basales de la epidermis.

Los **corpúsculos táctiles de Meissner** se encuentran en las papilas conjuntivas del corion, primordialmente de la yema de los dedos. Los corpúsculos ovales de unos 0,1 mm de longitud y de una anchura de 0,04 mm están formados por 5 hasta 10 células cuneiformes y dispuestas una encima de otra.

Los **corpúsculos laminares de Vater-Pacini** se encuentran en el subcutis, son especialmente numerosos en la palma de la mano y planta del pie (también se observan en las cercanías de las fascias, periostio, tendones y vasos sanguíneos, así como mesenterios y órganos retroperitonales, por ejemplo en el páncreas). Los corpúsculos, de 2-4 mm de longitud, de consistencia cartilaginosa, en forma de pera, visibles macroscópicamente, constan de 50 y más células laminares superpuestas como la piel de una cebolla.

Terminaciones nerviosas libres

Las "terminaciones nerviosas libres" se consideran como *receptores de percepciones dolorosas, de presión, calor y frío*, así como del *prurito*. Las terminaciones se encuentran frecuentemente en *folículos pilosos, vasos sanguíneos, y libres en el tejido conjuntivo.*

Las **terminaciones nerviosas libres en folículos pilosos** forman un "manguito nervioso", entran en la vaina de la raíz, discurren longitudinalmente en la parte central y circularmente en la periferia; esto es especialmente manifiesto en los pelos táctiles (fig. **74**). Los contactos con el pelo originan acciones de palanca. Son percibidos por el manguito nervioso a modo de un *"mecanorreceptor"*.

Las **terminaciones nerviosas libres en vasos sanguíneos y en tejido conjuntivo** son en parte *nociceptores (receptores para el dolor y receptores para el prurito)*, es decir, son producidos por sustancias que son liberadas

en las lesiones tisulares. En parte, estas terminaciones nerviosas son consideradas como *mecanorreceptores* (percepción táctil, cosquilleo) y como *termorreceptores* (sensación de calor y frío).

3. Cicatrización y envejecimiento de la piel

Cicatrización. Después de una herida de la piel, a partir del borde de la herida crece tejido epitelial sobre el tejido conjuntivo de regeneración de la herida, se origina una cicatriz cutánea. Debido a la intensa vascularización del tejido de regeneración, la cicatriz está inicialmente coloreada de rojo. Con el aumento de fibras colágenas en el corion cicatricial la cicatriz se vuelve blanco grisácea. Las formaciones anejas ya no se forman de nuevo en la zona de la cicatriz.
El **envejecimiento** de la piel se acompaña de modificaciones que son primordialmente expresión del *envejecimiento general del tejido conjuntivo*. Los cuerpos papilares se atrofian, la altura de las papilas conjuntivales disminuye. La limitación de la elasticidad de las redes elásticas tiene como consecuencia un retraso en el movimiento de regreso de los pliegues cutáneos. Las modificaciones en la composición química originan un empobrecimiento acuoso y la disminución del turgor de la piel, los melanocitos perecen o pierden su contacto con la epidermis, la pigmentación cutánea forma manchas.

La irradiación ultravioleta (sol de altura) acelera la pérdida de elasticidad de la piel.



Fig. 75. **Glándulas cutáneas, piel de la cavidad axilar.**
1 Epidermis
2 Dermis
3 Tejido celular subcutáneo
4 Glándula sudorípara (glándula glomerular)
5 Glándula olorosa
6 Vaina de la raíz pilosa
7 Glándula sebácea con vaina de la raíz pilosa

B. Formaciones anejas de la piel

Los anejos cutáneos *—glándulas, pelos, uñas—* crecen a partir de la epidermis (tomo 4: Embriologia: piel y anejos cutáneos). En su estructuración participa el tejido conjuntivo circundante. Las formaciones anejas se originan formalmente de manera análoga; inicialmente son mamelones epiteliales sólidos que crecen hacia el interior del tejido conjuntivo y que después se diferencian secundariamente. En los pelos, uñas y glándulas sebáceas se presenta una *formación en estratos* que es comparable a la estratificación del epitelio plano poliestratificado queratinizante de la epidermis.

1. Glándulas cutáneas

Se distinguen tres tipos de *glándulas cutáneas*, de las cuales cada una produce una secreción específica: *glándulas sudoríparas, olorosas* y *sebáceas* (fig. **75**). Las *glándulas sudoríparas* y las *olorosas* se agrupan conjuntamente bajo el concepto de *glándulas glomerulares* (tomo 3: Histología: glándulas cutáneas).

Las **glándulas sudoríparas**, en total unos 2 millones, se presentan en casi todas las partes de la piel, con mayor incremento en la piel de la frente, las palmas de las manos y las plantas de los pies: La secreción ácida (pH 4,5) de las glándulas sudoríparas inhibe el desarrollo de bacterias en la piel, ya que forma un "manto protector ácido" (primordialmente por el ácido láctico) y sirve a la regulación térmica mediante la evaporación; con la secreción se eliminan también sustancias (contenido de ClNa aproximadamente 0,4 % hasta 0,03 % descendiendo).

Las **glándulas olorosas** (fig. **75**) se hallan en forma de paquetes glandulares mayores en la piel de la cavidad axilar, del monte de Venus, de los labios mayores de la vulva y, como glándulas circumanales, en la piel perianal. Glándulas menores del mismo tipo las contiene el párpado (glándulas ciliares) la piel del conducto auditivo externo (glándulas ceruminosas) y el vestíbulo nasal. Al tipo de las glándulas olorosas pertenecen también las glándulas lácteas y las glándulas areolares de la areola mamaria. Las glándulas olorosas producen una secreción alcalina, grasienta. En la mujer se presentan oscilaciones de la secreción dependientes del ciclo.

Dado que en la zona de las glándulas olorosas falta el manto protector ácido, no es raro que tales zonas sean infectadas por bacterias cutáneas (absceso de las glándulas sudoríparas).

Las **glándulas sebáceas** se presentan —exceptuando unos pocos lugares— únicamente en la piel vellosa. Su secreción, el sebo, del que diariamente se producen 1-2 g, es bactericida debido a su contenido en ácidos grasos y mezclado con el sudor hace la piel resbaladiza y resistente al agua y contribuye a la brillantez del pelo.

Debido a la obturación del conducto excretor de una glándula sebácea se forma el comedón.

2. Pelos

Los *pelos* sirven para la protección térmica y para la sensación táctil. Faltan únicamente en pocos lugares de la superficie corporal (palma de la mano, planta del pie, partes de los órganos genitales externos). Se distinguen el *lanugo* y los *pelos terminales* (tomo 3: Histología; pelos).
El *lanugo* se origina en los fetos. Son pelos individuales, cortos, delgados y claros, y enraizan en el corion. El lanugo desaparece en el período postnatal; en el niño es sustituido por un *revestimiento de pelo intermedio* que en gran parte es sustituido por pelos terminales, reforzados en la pubertad.
Pelos terminales (fig. **74**) son más largos y gruesos que el lanugo, y son pigmentados. Se originan en distintos períodos temporales de la vida postnatal, y en la pubertad se intensifican y adquieren diferencias específicas del sexo. Los pelos terminales están desarrollados distintamente según la localización; especialmente en el hombre pueden cubrir casi toda la piel. Las diferenciaciones del vello son numerosas. Según su localización se distinguen: cabellos de la cabeza, pelos de la barba, pelos del conducto auditivo externo *(tragi)*, pelos en la entrada nasal *(vibrisas);* en la región del tronco se distinguen los pelos de la cavidad axilar y los pelos del pubis.

La distribución sexual específica del vello terminal está determinada por hormonas. En el hombre –con gran variedad individual– es típico el vello pubiano que en forma de rombo asciende hasta el ombligo, el vello torácico y de la cara interna del muslo, así como el pelo de la barba. Típicamente masculina es la tendencia a la formación de calvas. En la mujer el vello pubiano tiene forma triangular con limitación horizontal por arriba y ausencia de vello terminal en el tronco.

Los trastornos endocrinos, que van unidos a una desviación patológica del nivel hormonal en sangre (p. ej., enfermedades de la corteza suprarrenal) en la mujer pueden dar lugar al desarrollo de un revestimiento piloso masculino (hipertricosis) y a la formación de alopecias (virilismo, hirsutismo). En los varones castrados falta por el contrario el revestimiento velloso masculino.

El *pelo terminal* está contenido en la vaina de la raíz, de forma cilíndrica, oblicuamente a la superficie. Debido a la posición oblicua de todos los pelos en amplias zonas se origina el *alisamiento* del pelo y los *remolinos*. En la vaina de la raíz desemboca una *glándula sebácea*. Por encima de la desembocadura, la vaina de la raíz se dilata en el *embudo piloso*. Debajo de la desembocadura, en la zona de inclinación del pelo nace un fascículo de células musculares lisas, el *m. erector del pelo*, el cual se dirige oblicuamente hacia arriba hasta debajo de la epidermis. El músculo puede enderezar el pelo (erizamiento) y comprimir la glándula sebácea, con lo que simultáneamente la epidermis sufre una retracción localizada en el lugar de la inserción muscular ("piel de ganso").
En el pelo se distingue el *tallo del pelo*, que sobrepasa la superficie cutánea, y la *raíz del pelo* que, con el *bulbo piloso*, está situada en la *papila pilosa* conjuntival. Bulbo, papila y tejido conjuntivo circundante constituyen en conjunto el *folículo piloso* (tomo 3: Histología; pelos).

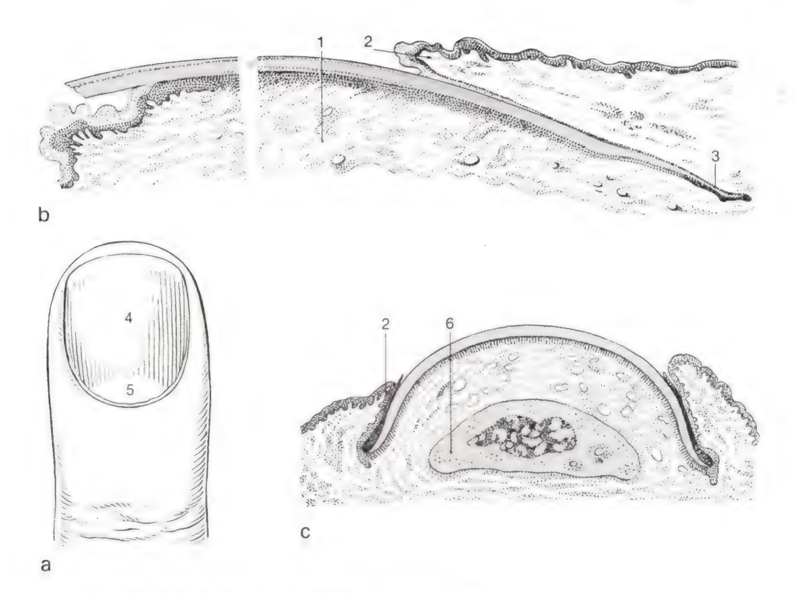


Fig. 76. **Uña del dedo** (según RAUBER-KOPSCH).
a Vista general
b Corte longitudinal a través del lecho ungueal
1 Lecho ungueal
2 Repliegue ungueal
3 Raíz de la uña
4 Cuerpo de la uña
5 Lúnula
6 Hueso del dedo

Muda del pelo. El pelo crece ciclicamente: se distingue la *fase de crecimiento*, la *fase de involución* y la *fase de reposo*. Luego cae. Aproximadamente el 80 % de los pelos están en la fase de crecimiento, el 15 % en la fase de reposo. Diariamente se pierden unos 50 pelos; transitoriamente, las prolongaciones de los melanocitos se retiran del bulbo, éste es desplazado por la papila y comprimido hacia fuera. De los restos epiteliales del bulbo, en la papila extraída como un cordón crece un nuevo bulbo y de éste un pelo. Los pelos terminales crecen 1 cm por mes aproximadamente y pueden persistir durante meses y hasta años.

3. Uñas

Las uñas protegen las falanges terminales de los dedos de la mano y del pie y sirven simultáneamente a la percepción táctil en el sentido de que ejercen una resistencia a la presión que se ejerce sobre la yema de los dedos; cuando se pierde una uña queda limitada la sensibilidad táctil en la falange afecta.

La **uña** es, como el pelo, una queratinización modificada circunscrita de la epidermis, una placa córnea de unos 0,5 mm de espesor, que está fijada al lecho ungueal e "hiponiquio" (fig. **76 a-c**). La uña consta de escamas córneas poligonales imbricadas.

El **cuerpo ungueal** tiene distalmente un borde libre, mientras que los bordes laterales y la raíz ungueal situada en la parte proximal están incluidos en un pliegue cutáneo, el *repliegue ungueal.* El repliegue ungueal forma en la región de la uña la *bolsa ungueal,* de unos 0,5 cm de profundidad. De su borde anterior crece una membrana epitelial, la *piel ungueal* o *perioniquio* ("eponiquio") en la superficie de la uña. Los bordes laterales de la uña están hundidos en la *ranura ungueal.* El **lecho ungueal** es el tejido epitelial subyacente a la raíz ungueal a partir del cual crece la uña diariamente 0,14-0,4 mm. La parte proximal del lecho ungueal está oculta en la bolsa ungueal; la parte distal tiene un brillo rosado claro, cerca del repliegue ungueal proximal, como lúnula convexa a través de la uña. El lecho ungueal se continúa en la región distal de la lúnula en el *"hiponiquio"* de reflejo rosa oscuro a través de la uña, una capa epitelial sobre la que es propulsada la uña hacia la parte distal. El tejido conjuntivo correspondiente al cuerpo papilar de la piel, debajo del epitelio del lecho ungueal y del *"hiponiquìo"* está dispuesto en líneas de curso longitudinal. La sangre de los capilares de estas franjas de tejido conjuntivo origina el color rosado de las uñas.

En la extirpación quirúrgica del cuerpo ungueal se respeta el lecho ungueal. Seguidamente crece una nueva uña. En cambio, si se destruye el lecho ungueal la uña no se reproduce. En algunas enfermedades la uña muestra modificaciones importantes desde el punto de vista del diagnóstico, según la forma, tamaño, superficie y color.

Anatomía Especial del Hombre

VIII. Extremidad superior

La capacidad de enderezamiento del cuerpo humano y el desarrollo de la bipedestación típica del mismo traen consigo una división funcional y una especialización de los dos pares de extremidades. La *extremidad inferior,* si bien bajo otras condiciones mecánicas que en los cuadrúpedos, sigue siendo *órgano de locomoción.* Es la que soporta el peso del cuerpo. La *extremidad superior,* debido a la bipedia, adquiere libertad para ejercer otras funciones. Su segmento distal, la mano, se ha desarrollado en un órgano altamente especializado, *de prensión* y *táctil,* que muestra una motilidad diferenciada y una rica inervación sensitiva. La mano es un importante órgano de expresión (gestos) y realiza funciones relevantes. Los instrumentos de la mano son los dedos, y aquí el pulgar merece una mención especial. Es oponible a los dedos restantes (*oposición* del pulgar), de manera que la mano puede actuar como pinza de prensión.

La importancia del pulgar para la función prensil de la mano se deduce ya de los dictámenes quirúrgicos para enjuiciar la afectación de la capacidad laboral, que en caso de pérdida total del pulgar se enjuicia con 20-25 %, en la pérdida del dedo índice con 10 %, y en caso de que sea uno de los dedos restantes con 0-5 %.

Considerando las funciones específicas de la extremidad superior en el hombre, para la unión tronco-extremidad es ventajosa una construcción que facilite a la mano el mayor espacio de circulación posible. La base de la extremidad superior, la cintura escapular, al contrario de la cintura pélvica, no está anclada fijamente en el tronco, sino unida al tórax con una extraordinaria movilidad. La cintura escapular pende de un lazo muscular, y la única conexión esquelética con el tronco es funcionalmente una articulación esferoides (articulación interna de la clavícula).
Sin embargo, en estructura y en sus componentes, ambas extremidades muestran coincidencias manifiestas. La extremidad superior y la inferior constan respectivamente de la cintura de las extremidades y de la extremidad libre. Prescindiendo de la clavícula, que junto con la escápula forma la cintura de la extremidad superior, la cintura escapular, todos los elementos esqueléticos de ambas extremidades son evidentemente huesos de sustitución.

La clavícula se origina de un hueso de cobertura de los peces óseos primitivos, el hueso torácico, y se produce en gran parte (segmento medio) por osificación desmoide. Para el tejido cartilaginoso que se presenta en ambos extremos durante la ontogénesis (osificación condral), no está todavía aclarado si se trata de una reliquia de la placa coracoidea cartilaginosa de animales vertebrados terrestres primitivos o si se trata del cartílago secundario que no puede derivarse del plan estructural de los vertebrados.

La cintura de las extremidades inferiores, la cintura pélvica, está formada en el adulto por el *hueso coxal.* Procede de la fusión sinostótica (a los 18-

20 años) de tres huesos originados en una placa unitaria pélvica cartilaginosa: el ilion, el isquion y el pubis.

La *división de las extremidades libres* y los elementos esqueléticos correspondientes a los diversos segmentos pueden observarse en la tabla 5.

En los animales vertebrados cuadrípedos primitivos (por ej., todavía en las lagartijas), el antebrazo y el muslo están separados lateralmente del cuerpo, que sólo con gran esfuerzo puede ser levantado del suelo. El antebrazo o la pierna forman un ángulo con respecto al suelo. "Codo" y "rodilla" miran lateralmente. Entre los reptiles antepasados de los mamíferos, las extremidades se situaron paralelamente al cuerpo y cerca o debajo del mismo, que entonces puede ser llevado libremente por las extremidades. La extremidad posterior (inferior) sufrió con ello un giro hacia adelante (la rodilla está dirigida hacia adelante); la extremidad anterior (superior) fue llevada hacia atrás junto al cuerpo (el "codo" mira hacia atrás). Con ello el tronco queda soportado de forma elástica. Para que la extremidad anterior, que está doblada hacia atrás, pueda colocar la "palma de la mano" sobre el suelo y dirigir las "puntas de los dedos" hacia adelante, deben cruzarse los huesos del antebrazo (posición de pronación). Dado que la extremidad posterior sufrió un giro hacia adelante (hacia la cabeza), la que antes era parte dorsal de esta extremidad, en el hombre en bipedestación está dirigida en sentido ventral. Los extensores del muslo y la pierna (genéticamente músculos dorsales) están en la parte anterior, es decir, delante de los correspondientes huesos de las extremidades, mientras que los extensores del brazo y antebrazo han conservado su posición dorsal primitiva.

Tabla **5.** División de las extremidades y elementos esqueléticos correspondientes

Elementos esqueléticos correspondientes	*Segmentos de las extremidades*		Elementos esqueléticos correspondientes
Brazo		**Pierna**	
Hueso del brazo *Húmero*	**Brazo**	**Muslo**	Hueso del muslo *Fémur*
	Codo	Rodilla	
Radio *Cúbito*	**Antebrazo**	**Pierna**	*Tibia* *Peroné*
	Mano	**Pie**	
	dividido en:		
Huesos del carpo	*Carpo*	*Tarso*	*Huesos del tarso*
Huesos metacarpianos	*Metacarpo*	*Metatarso*	*Huesos metatarsianos*
Huesos digitales de la mano	*Dedos de la mano*	*Dedos de los pies*	*Huesos de los dedos de los pies*

A. Hombro y cavidad axilar

1. Cintura escapular

a) Elementos esqueléticos de la cintura escapular

El **esqueleto de la cintura escapular** consta de la **escápula** y la **clavícula. La escápula** (fig. **77**) forma una placa ósea triangular delgada reforzada a modo de marco, situada sobre la pared torácica dorsal externa. La cara dirigida al tórax, la *facies costal,* está levemente excavada, *fosa subescapular,* y sirve de zona de origen al m.subescapular. En la *cara dorsal* se levanta la *espina de la escápula* (fig. **78**) palpable a través de la piel. Asciende desde el borde interno, paralelo a la columna vertebral *(cresta interna)* oblicuamente hacia fuera y en sentido craneal y termina con un fuerte apéndice plano llamado *acromion,* que recubre la articulación del hombro por detrás y arriba.

El vértice del ángulo formado por el borde lateral del acromion con el de la espina de la escápula es denominado *ángulo acromial.* En su borde anterior el acromion lleva la faceta articular acromial casi plana y de forma oval para la unión articular con la clavícula.

La espina de la escápula divide la cara dorsal de la escápula en la *fosa supraespinosa* craneal, más pequeña (para el origen del m.supraespinoso), y la *fosa infraespinosa,* la extensa zona de origen del músculo infraespinoso.

---

1 Extremo esternal de la clavícula
2 Lig.esternoclavicular anterior
3 Lig.interclavicular
4. Disco articular en la articulación esternoclavicular
5 Lig.costoclavicular
6 Borde interno de la escápula
7 Angulo inferior de la escápula
8 Borde externo de la escápula
9 Fosa subescapular
10 Cabeza del húmero
11 Angulo externo de la escápula
12 Cápsula articular de la articulación del hombro (doblada en pliegues)
13 Tuberosidad menor del húmero (troquín)
14 Cara antero-interna del húmero
15 Borde interno del húmero
16 Fosa coronoidea
17 Cóndilo humeral, no corresponde a nada
18 Epitróclea
19 Tróclea humeral
20 Cóndilo humeral
21 Epicóndilo
22 Fosa radial
23 Borde externo del húmero
24 Cara antero-externa del húmero
25 Tuberosidad deltoidea
26 Cresta subtroquiteriana
27 Cresta subtroquiniana
28 Cuello quirúrgico del húmero
29 Tendón largo de la cabeza del bíceps (origen en el tubérculo supraglenoideo, curso en el canal bicipital)
30 Troquiter
31 Cuello anatómico del húmero
32 Lig.coracoacromial
33 Acromion
34 Disco articular en la articulación acromioclavicular
35 Lig.acromioclavicular
36 Extremo acromial de la clavícula
37 Apófisis coracoides
38 Lig.trapezoideo }
39 Lig.conoideo } Lig.coracoclavicular
40 Lig.coracoideo }

La cresta interna de la escápula es a menudo ligeramente convexa, el borde externo engrosado es recto o levemente cóncavo.
Ambos bordes forman entre sí el *ángulo inferior*, de cuya cara dorsal nace el m.redondo mayor. El *ángulo superior* interno de la escápula sirve como superficie de inserción al m.elevador de la escápula. En el borde craneal, *borde superior*, corta la *escotadura escapular*. Esta se cierra en la parte craneal por el ligamento coracoideo, que a veces está osificado (figs. **78** y **83**). El n.supraescapular va por debajo del ligamento a través de la escota-

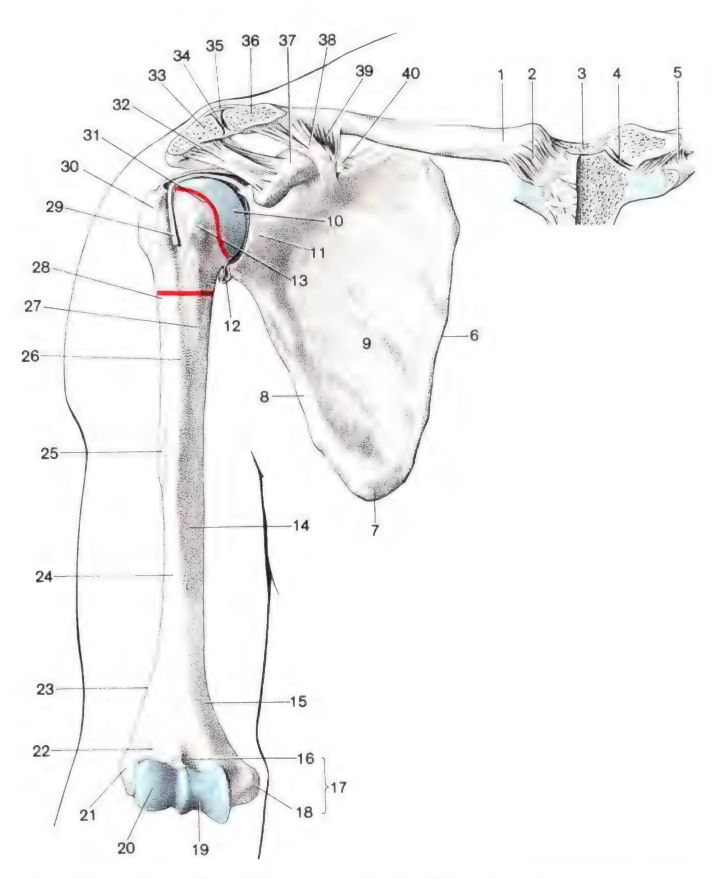


Fig. 77. **Elementos esqueléticos y conexiones de la cintura escapular, huesos del brazo y articulación del hombro** (abierto). Visión ventral.
(Articulación de la clavícula derecha externa e izquierda interna abierta mediante corte frontal).

dura, los vasos supraescapulares discurren por encima del ligamento. Externamente a la escotadura escapular, del borde superior de la escápula sobresale la *apófisis coracoides* en forma de gancho dirigida en sentido ventral externo. Corresponde a un elemento esquelético independiente en los reptiles parecidos a mamíferos, el coracoides, y sirve como superficie de origen para los músculos pectoral menor, coracobraquial y la cabeza corta del m. bíceps braquial. De la apófisis coracoides sale un potente ligamento ancho, *lig.coracoacromial,* hacia el acromion y forma un techo ligamentoso de la articulación del hombro (figs. **77, 83** y **84**). La apófisis coracoides recubre la articulación del hombro por la parte craneoventral.

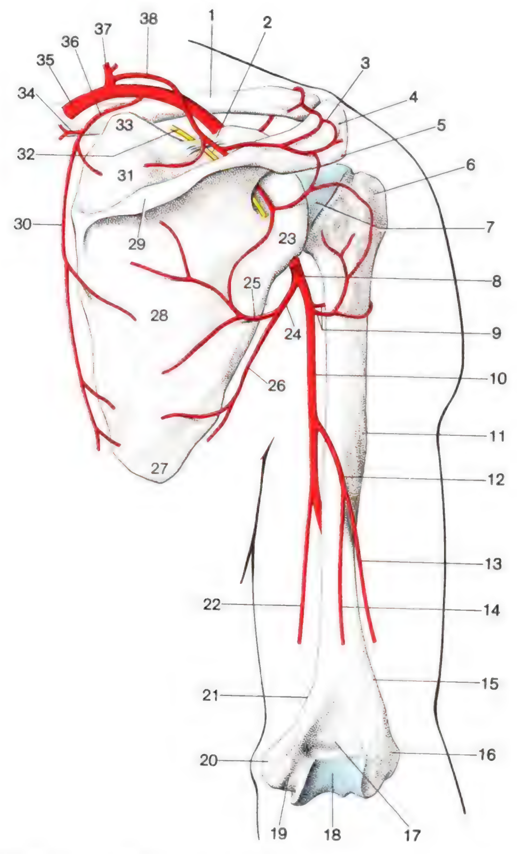


Fig. 78. **Elementos esqueléticos de la cintura escapular y húmero, ramas de la arteria subclavia y a.braquial**. Vista dorsal.

En el *ángulo externo* la escápula está engrosada en la fosa articular oval dirigida hacia fuera para la cabeza del húmero, la *cavidad glenoidea*. En el borde superior de esta cavidad sobresale una pequeña eminencia ósea, la *tuberosidad supraglenoidea,* a la que se adhiere el tendón de la cabeza larga del bíceps. Por debajo de la superficie articular revestida de cartílago existe una tuberosidad infraglenoidea en la que nace una parte del tendón de la cabeza larga del m.tríceps braquial. Internamente con respecto a la cavidad glenoidea, la escápula está estrechada en el *cuello de la escápula*.
La **clavícula** (fig. **77**) es un hueso largo doblado levemente en forma de S. El segmento interno es convexo hacia la parte ventral y se engruesa y forma el *extremo esternal* triangular. Posee la faceta articular esternal de cartílago fibroso casi siempre en forma de silla de montar para la conexión articular con el disco articular de la articulación esternoclavicular. El *extremo acromial* es cóncavo hacia la parte ventral, muy aplanado y ensanchado en su extremo. La *faceta articular,* sólo levemente arqueada, está dirigida hacia la parte dorsal externa.

En un área ósea profunda y áspera en la cara inferior del extremo esternal, *impresión del lig.costoclavicular,* está fijado el lig.costoclavicular. En la superficie caudal del extremo acromial yacen cerca del borde posterior el *tubérculo conoideo* y (externamente a éste) la *línea trapezoidea*. Aquí se unen los dos fascículos parciales del lig. coracoclavicular, el lig.conoideo y el lig.trapezoideo.

La clavícula puede faltar en parte o totalmente, de manera que los pacientes pueden desplazar los hombros hacia adelante hasta llegar al contacto mutuo (disostosis cleidocraneana, enfermedad hereditaria dominante con un trastorno de la osificación, predominantemente de los huesos de cobertura).
Las *fracturas* de clavícula son relativamente frecuentes (aproximadamente 16 % de todas las fracturas óseas) y afectan casi siempre al tercio medio. El extremo fracturario interno es traccionado hacia arriba por el fascículo clavicular del m.esternocleidomastoideo, el fragmento fracturario externo es traccionado por el m.deltoides hacia abajo. El hombro desciende (peso del brazo);

◄ 1 Clavícula
2 Ligamento coracoideo
3 Red acromial
4 Acromion
5 Angulo acromial
6 Troquiter
7 Cabeza del húmero
8 A.axilar
9 A.circunfleja anterior y posterior del húmero
10 A.humeral
11 Tuberosidad deltoidea
12 A.humeral profunda en el surco del n.radial
13 A.colateral radial
14 A.colateral media
15 Borde externo del húmero
16 Epicóndilo
17 Fosa olecraniana
18 Tróclea humeral
19 Surco del n.cubital
20 Epitróclea
21 Borde interno del húmero
22 A.colateral interna superior
23 Cuello de la escápula
24 A.subescapular
25 A.circunfleja de la escápula
26 A.toracodorsal
27 Angulo inferior de la escápula
28 Fosa infraespinosa
29 Espina de la escápula
30 Rama profunda de la a.transversa del cuello
31 Fosa supraespinosa
32 N.supraescapular
33 Angulo superior de la escápula
34 Rama superficial de la a.transversa del cuello
35 A.subclavia
36 A.transversa del cuello
37 Tronco tireocervical
38 A.supraescapular

el brazo está en aducción y rotación interna (falta el apoyo óseo contra la acción de los aductores y rotadores internos). En la fractura menos frecuente, externamente a la adherencia del lig. coracoclavicular, el m.trapecio tracciona el fragmento óseo externo hacia arriba.

La **osificación** de la escápula (fig. **79**) se inicia en la región del cuello de la escápula en la 8.ª semana embrionaria. Núcleos de osificación independientes se presentan en la concavidad de la apófisis coracoides (1.er año de vida), en su raíz (de 10 a 12 años) y en el acromion (de 15 a 18 años). A ellos se añaden (entre 15 y 19 años) osificaciones apofisarias en la región de la cavidad glenoidea, en el vértice y base de la apófisis coracoides, en el borde interno de la escápula y en el ángulo inferior de la escápula. Las sincrondrosis no desaparecen en parte hasta los 21 años. La osificación desmoide de la clavícula (fig. **79**) comienza muy pronto, en la 7.ª semana embrionaria (primera osificación del esqueleto). En la zona de crecimiento cartilaginoso esternal se presenta a los (14)18-20 años un núcleo óseo, que a menudo no se fusiona con el cuerpo de la clavícula hasta los 24 años de edad.

b) Conexiones de la cintura escapular

Clavícula y escápula están en mutua conexión *articular* con la articulación externa (acromial) de la clavícula y *ligamentosa* por medio del ligamento coracoclavicular. La clavícula articula con el esternón en la articulación interna (esternal) de la clavícula, el único contacto articular entre cintura escapular y tronco. La escápula está fijada al tórax mediante fascículos musculares que le permiten una movilidad y se desliza por la pared torácica gracias a una capa de desplazamiento laxa (capa deslizante subescapular) con el m.subescapular que nace en la cara costal (especialmente en el m.serrato anterior).

Articulaciones de la clavícula

La **articulación interna de la clavícula,** *articulación esternoclavicular,* es bicameral. Entre las incongruentes caras articulares de cartílago fibroso del extremo esternal de la clavícula y de la escotadura clavicular esternal se interpone un grueso disco articular (que deriva del epiesternón de los vertebrados inferiores).

El extremo engrosado de la extremidad esternal sobrepasa claramente el borde superior del esternón y hace más profunda la fosa yugular. El disco interarticular disminuye las incongruencias de las caras articulares y facilita unos movimientos articulares más amplios.

Ligamentos. La flácida cápsula articular está reforzada en la cara anterior y posterior por un *lig.esternoclavicular anterior y posterior* respectivamente (fig. **77**). Los fascículos fibrosos de ambos ligamentos limitan las posibilidades del movimiento anterior y posterior de la clavícula. El rígido *lig.interclavicular* (fig. **77**) une los extremos esternales de ambas clavículas y está fuertemente adherido al borde esternal superior en la escotadura yugular. Evita el descenso de ambas clavículas. Si una clavícula es descendida claramente, la clavícula del otro lado debe colocarse oblicuamente y

con el extremo acromial elevarse correspondientemente, con objeto de que los cortos haces de fibras del lig.interclavicular no sufran una hiperdistensión y un desgarro. El *lig.costoclavicular* (fig. **77**) va desde el límite óseocartilaginoso de la 1.ª costilla a la impresión del lig.costoclavicular en la cara inferior del extremo esternal de la clavícula. Es distendido en caso de elevación extrema y movimiento hacia adelante de la clavícula.

En la **articulación clavicular externa,** *articulación acromioclavicular* (fig. **77**), las superficies articulares son relativamente indiferentes. La cara articular acromial es frecuentemente plana o forma una fosa oval. La cara articular acromial de la clavícula puede estar levemente abombada. A menudo existe un disco articular de cartílago fibroso, pero no obstante la cavidad articular raramente está totalmente dividida en dos. Un *ligamento acromioclavicular* refuerza la pared capsular superior (figs. **77** y **83**).

Las *luxaciones* en las articulaciones de la clavícula son muy raras, a causa de los refuerzos ligamentosos de las cápsulas articulares, en la articulación acromioclavicular son algo más frecuentes que en la articulación clavicular interna. La mayoría de las veces, en este último caso, el extremo externo de la clavícula se desplaza por encima del acromion.

Posibilidades de movimiento de la cintura escapular. Las conexiones de la cintura escapular permiten los siguientes movimientos compuestos:

– *Elevación y descenso de los hombros* (= desplazamientos de la escápula en las verticales),
– *Propulsión y retracción de los hombros* (= desplazamientos de la escápula en un plano horizontal en sentido ventral externo o dorsal interno).
– *Giro de la escápula alrededor del eje longitudinal* de la clavícula, con lo que 2/3 del movimiento tienen lugar en la articulación clavicular externa, y 1/3 en la interna (alcance total del movimiento de giro aproximadamente 60º).

En estos movimientos intervienen –con distintas participaciones– ambas articulaciones claviculares. Los movimientos aislados en la articulación esternoclavicular sin participación de la articulación acromioclavicular no son posibles, ya que la clavícula y el acromion (o escápula) no están unidos por músculos que puedan sostener la articulación. Un cambio de posición de la escápula, en teoría, podría producirse exclusivamente en la articulación acromioclavicular.

Los *movimientos* en los que primordialmente participa la *articulación clavicular externa* consisten en:

– *Desviaciones del ángulo inferior de la escápula en torno a ejes horizontales* a través de la articulación acromioclavicular y
– *Movimientos de aleteo de la escápula* en torno a un eje *vertical* que cursa a través de la articulación clavicular externa.

Los *movimientos de giro* del ángulo inferior de la escápula son la condición previa para la elevación del brazo por encima de la horizontal (la cavidad glenoidea es dirigida oblicuamente hacia arriba). Tienen lugar en

el levantamiento anterior del brazo en torno a un eje frontal, en el levantamiento lateral en torno a un eje sagital, y son posibles con participación exclusiva de la articulación acromioclavicular en unos 40°.
En los *movimientos de aleteo* el borde escapular interno es levantado del tórax (posición en alas de ángel) o es comprimido contra la pared torácica. La amplitud de movimiento es de unos 50°.

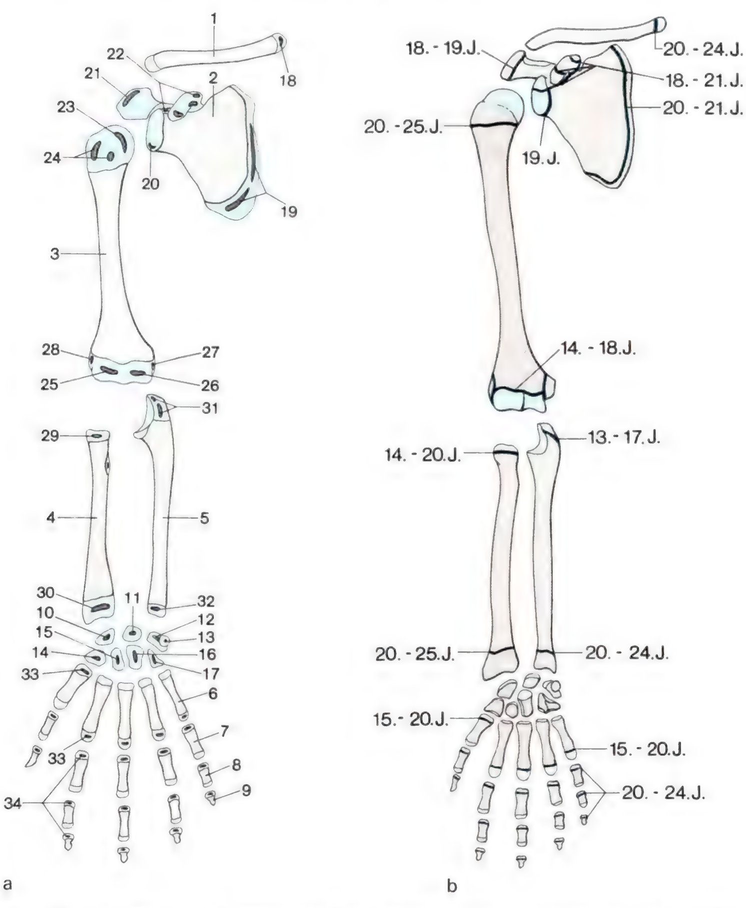


Fig. 79. **Osificación del esqueleto de la extremidad superior** (según v. LANZ-WACHSMUTH).
a Aparición de los núcleos de osificación
b Cartílagos de crecimiento
(a. = año de vida; m. = mes de vida; se. = semana embrionaria)
EW = se., M = m., J = a.

Las dos articulaciones son funcionalmente articulaciones esferoideas. La dirección y amplitud de los movimientos en la articulación acromioclavicular son determinados esencialmente por el espacio de juego del movimiento que posee la escápula fijada por anillos musculares a la pared del tórax. La amplitud del movimiento es además restringida por el potente *lig.coracoclavicular* (figs. **77** y **83**). Consta de 2 partes, el *lig.conoideo* triangular, de situación interna, y el *lig.trapezoideo* externo, en forma de trapecio. En el hueco entre los dos ligamentos existe con frecuencia una bolsa sinovial.

En la articulación esternoclavicular, y a partir de la posición de reposo, el descenso de la clavícula es posible en grado leve, la elevación en mayor medida (en el extremo acromial hasta 10 cm). La clavícula puede ser desplazada hacia adelante y hacia atrás. En caso de utilización extrema de amplitud del movimiento, la extremidad acromial describe una elipse horizontal. En este caso la clavícula es forzosamente objeto de un giro en torno a su eje longitudinal en la articulación esternoclavicular.

Si las correas de un peso dorsal traccionan la clavícula hacia abajo durante un tiempo prolongado, el retorno venoso procedente del brazo se ve notablemente afectado y las ramas inferiores del plexo braquial pueden ser objeto de irritación. En caso de retroposición extrema y descenso de la clavícula, la a. subclavia puede ser comprimida contra la 1.ª costilla y sufrir un pinzamiento de manera que desaparece el pulso radial.

c) Ordenación e inervación de la musculatura de la cintura escapular

Los músculos que mueven los elementos esqueléticos del cinturón escapular y los unen con el tronco tienen diversos orígenes. El m.trapecio, que en el segmento craneal de la espalda forma la capa superficial, es un músculo branquial al que se ha añadido, en pequeña cantidad, material de los somi-

◄ 1-9 *Comienzo de la osificación "diafisaria"*
1 Clavícula, 7.ª se.
2 Escápula, 8.ª se.
3 Húmero, 7.ª-8.ª se.
4 Radio, 7.ª se.
5 Cúbito, 7.ª se.
6 Hueso metacarpiano I-V, 9.ª se.
7 Falange proximal, 9.ª se.
8 Falange media, 11.ª-12.ª se.
9 Falange distal, 7.ª-8.ª se.
10-17 *Aparición de los núcleos de osificación en los huesos del carpo*
10 Escafoides, 5-6 a.
11 Semilunar, 4-5 a.
12 Piramidal, 2-3 a.
13 Pisiforme, 8-12 a.
14 Trapecio, 4-7 a.
15 Trapezoide, 4-6 a.
16 Hueso grande del carpo, 1-6 m.
17 Hueso ganchoso, 1-7 m.
18-32 *Aparición de los núcleos de osificación epifisarios y apofisarios*
18 Extremo esternal de la clavícula, 18-20 a.
19 Borde interno y ángulo inferior de la escápula, 15-19 a.
20 Cavidad glenoidea, 15-19 a.
21 Acromion, 15-18 a.
22 Apófisis coracoides: núcleo principal en la curvatura cóncava, 11-12 m.; raíz, 10-12 a.; curvatura convexa y vértice, 15-19 a.
23 Cabeza del húmero, 1-2 a.
24 Troquiter y troquín del húmero, 2-4 a.
25 Cóndilo humeral 10-12 a.
26 Tróclea humeral, 1-2 a.
27 Epitróclea, 5-6 a.
28 Epicóndilo, 8-13 a.
29 Cabeza del radio, 5-7 a.
30 Epífisis distal del radio, 1-2 a.
31 Olécranon, 8-12 a.
32 Cabeza del cúbito, 5-7 a.

tos cervicales superiores. La capa muscular situada debajo del m.trapecio, los músculos elevadores de la escápula y romboides, así como el m. serrato anterior, que sólo secundariamente –y demostrable en la ontogénesis del hombre– ha desplazado su origen a la pared ventral externa del tórax, constituye –con referencia a la extremidad– un grupo muscular dorsal en la zona de transición tronco-extremidad. Como homólogo ventral puede considerarse el m. subclavio. Todos estos músculos son derivados de la musculatura ventral externa del tronco y están inervados por los ramos ventrales de los nervios cervicales inferiores (plexo braquial).

Frecuentemente los músculos elevador de la escápula, romboideo y serrato anterior, junto con los músculos dorsal ancho y redondo mayor, se denominan *músculos espinohumerales*; el m.subclavio y los músculos pectorales como *grupo muscular toracohumeral.* Se les considera como derivados del grupo dorsal (extensores) o ventral (flexores) de la musculatura de las extremidades que se han desplazado hacia adelante en el tórax y superficialmente se han expandido para formar la musculatura autóctona dorsal y ventral externa del tronco.

Músculos dorsales de la cintura escapular

El **m.trapecio** (figs. **80** y **192**) nace de la línea superior de la nuca y de la protuberancia occipital externa del hueso occipital, del ligamento de la nuca, de las apófisis transversas de la columna torácica y del lig.supraespinoso de la región torácica. La inserción tiene lugar en el tercio externo de la clavícula, en el acromion y en la espina de la escápula.

Las fibras craneales, desde su origen, se dirigen oblicuamente hacia abajo; las fibras medias cursan horizontalmente y los fascículos caudales ascienden hacia arriba, de manera que puede distinguirse una **parte descendente**, una **parte transversa** y una **parte ascendente.**
El conjunto tendinoso triangular en la zona de origen de la parte transversa (fig. **193**) se completa con el tendón de la parte muscular correspondiente del lado opuesto en forma de un rombo. El rombo tendinoso se presenta a menudo como profundización en la piel externa. El contorno del borde de los músculos de ambos lados representa igualmente un rombo.
El m.trapecio derecho y el izquierdo son con frecuencia asimétricos. En los individuos diestros, el origen de la parte ascendente a la izquierda llega casi siempre sólo hasta la apófisis espinosa 10 u 11 en sentido caudal.

Inervación: N. espinal, así como ramos de los nervios cervicales ventrales procedentes de $C_{2\text{-}4}$ para el segmento craneal del músculo.

El n.espinal discurre aproximadamente paralelo al borde externo del m.elevador de la escápula a través del triángulo externo del cuello hacia abajo a la cara inferior del músculo.

El **m.elevador de la escápula** (fig. **80**) se origina entre los músculos escalenos y el m.esplenio de las tuberosidades posteriores de las apófisis transversas de las cuatro primeras vértebras cervicales. En los individuos delgados y musculados, la parte de origen es visible en el triángulo externo del cuello. El músculo cubierto por el trapecio va oblicuamente hacia aba-

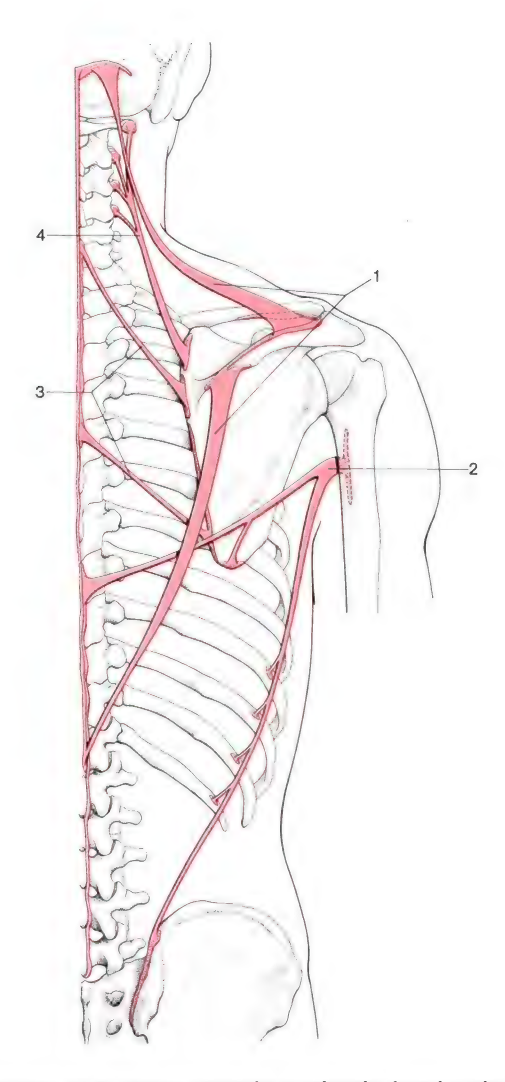


Fig. 80. **Músculos de la cintura escapular y músculo dorsal ancho.** Vista dorsal.
1 M.trapecio
2 M.dorsal ancho
3 M.romboideo (mayor y menor)
4 M.elevador de la escápula (o angular)

jo al ángulo superior y al borde interno de la escápula por encima de la espina escapular.

Inervación: N.dorsal de la escápula (con fibras adicionales del plexo cervical).
El **m.romboideo** (fig. **80**) forma una placa muscular romboidea fuerte cuyas fibras parten de las apófisis espinosas desde la 5.ª (6.ª) vértebra cervical hasta la 4.ª vértebra torácica y los correspondientes segmentos de los ligamentos de la nuca y supraespinosos. Se insertan en el borde interno de la escápula, caudalmente respecto a la inserción del m.elevador de la escápula.

Mediante una rama del ramo profundo de la a. transversa del cuello es separada una porción estrecha de la porción craneal del músculo. Frecuentemente se denomina m.romboideo menor para diferenciarla de la porción caudal mayor denominada m.romboideo mayor.

Inervación: N.dorsal de la escápula.

El **m.serrato anterior** (fig. **81**) nace con 9 (10) digitaciones de las costillas I hasta la VIII (IX) y se inserta en la cara inferior del borde interno de la escápula (fig. **86**).

El potente músculo, de superficie grande, se extiende entre el m.pectoral mayor, m.dorsal ancho y origen del m.oblicuo externo abdominal por la pared torácica ventral externa. Forma la pared interna de la cavidad axilar. Las digitaciones de origen de la *parte superior* vienen de la 1.ª y 2.ª costilla y discurren casi horizontalmente al ángulo superior de la escápula. La *parte media* es bastante delgada y parte frecuentemente sólo de la 2.ª costilla. Los fascículos musculares divergen en su inserción en el borde escapular interno. La *parte inferior* nace con 6-7 muescas en la 3.ª-8.ª (9) costilla. Constituye la mayor fracción del músculo y posee los fascículos de fibras más largos. Estos convergen hacia la escápula y se insertan en la región caudal del borde escapular interno, ante todo en el ángulo inferior.

Inervación: N.torácico largo, cuyo tronco principal va por la línea axilar en el m.serrato anterior hacia abajo.

Músculos de situación ventral de la cintura escapular

El m.subclavio y el m.pectoral menor salen de la pared anterior del tronco en el segmento ventral de la cintura escapular. No obstante, el m. pectoral menor, a causa de sus estrechas relaciones genéticas y topográficas con el m.pectoral mayor, es comentado en los músculos de la articulación del hombro (pág. 213).

El **m.subclavio** (fig. **81** y **202**) es un pequeño y potente músculo peniforme que, desde el borde ventral de la 1.ª costilla (límite óseo-cartilaginoso), va hacia el borde inferior de la clavícula.

Discurre casi paralelamente a la clavícula, cuyo extremo interno comprime contra el disco articular de la articulación esternoclavicular, y ejerce así una resistencia a

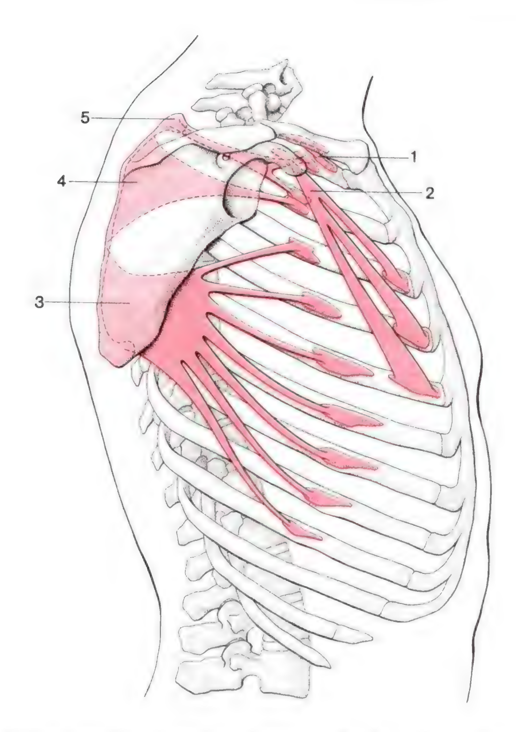


Fig. 81. **M.serrato mayor y músculos ventrales de la cintura escapular.**
1 M.subclavio
2 M.pectoral menor
3 Parte inferior }
4 Parte media } del m.serrato anterior
5 Parte superior }

la tracción ejercida hacia fuera en la cintura escapular. Debido al trayecto oblicuo de sus fibras sólo puede descender levemente la clavícula.

Inervación: N.subclavio.

d) Acción de los músculos y grupos musculares sobre la cintura escapular

En la placa muscular formada por los músculos elevador de la escápula, romboideo y serrato anterior, el borde escapular interno constituye igualmente una inscripción ósea. Mediante la coordinación graduada de estos músculos y de sus partes, la escápula puede desplazarse en el tórax y ser llevada a la posición de partida más favorable para los movimientos del

brazo. Dado que las fibras tendinosas de la porción descendente del m.trapecio se insertan más externamente en la cintura escapular (tercio externo de la clavícula) que las fibras tendinosas de la porción ascendente (mitad interna de la espina de la escápula), una contracción de ambas posiciones musculares o de la totalidad del músculo produce un giro de la escápula (favorecido decisivamente por el m.serrato anterior), de manera que la cavidad glenoidea mira hacia arriba (condición previa para la elevación del brazo por encima de la horizontal).
Los movimientos compuestos del cinturón escapular son realizados en anillos musculares, con lo que la intensidad de acortamiento de los antagonistas correspondientes en el momento del equilibrio tensional determina la posición de la clavícula o de la escápula.
El *extremo acromial de la clavícula* es
– *elevado* o *descendido* a través de los tirantes musculares longitudinales (fig. **16**):

M.elevador de la escápula – parte ascendente del m.trapecio
Parte descendente del m.trapecio – m.pectoral menor

con lo que los músculos romboideo, pectoral mayor (porción clavicular) y esternocleidomastoideo (fascículo clavicular) pueden ayudar la elevación del hombro; los fascículos caudales de los músculos pectoral mayor y dorsal ancho, así como el m.subclavio, ayudan el descenso del hombro;

– *dirigido hacia la parte ventral externa o dorsal interna* a través del tirante muscular transversal (fig. **16**):
Parte superior y parte media del m.serrato anterior,
parte transversa del m.trapecio,

con lo que el m.romboideo y los fascículos ascendentes y descendentes del m.trapecio, así como las fibras craneales del m.dorsal ancho llevan al hombro hacia atrás, y los músculos pectoral mayor y pectoral menor ayudan a desplazar el hombro hacia adelante.

El *ángulo inferior de la escápula* es
– *girado hacia adelante o hacia atrás* (y con ello la cavidad glenoidea dirigida hacia arriba o hacia abajo) a través de los anillos musculares de disposición oblicua (fig. **16**):
Parte inferior del m. serrato anterior – m.romboideo,

con lo que el giro hacia adelante es causado esencialmente por la acción conjunta de la parte descendente y la ascendente del m.trapecio, y el giro hacia atrás puede ser apoyado por el m.elevador de la escápula y el pectoral menor.

El *m.trapecio* actúa *con su parte descendente* oponiéndose a la tracción dirigida hacia abajo, que intenta descender la cintura escapular, como ocurre por ejemplo al llevar una maleta. El *m.elevador de la escápula* intenta extender la columna cervical con la cintura escapular fijada. Mediante el anillo romboideo-serrato (fig. **16**) la escápula es presionada contra el tórax. Con la cintura escapular fijada, las muescas caudales

ascendentes de la parte inferior del *m.serrato anterior* pueden elevar las costillas y actuar como músculos inspiradores.

Parálisis. En una parálisis completa del *m.trapecio*, el hombro desciende más que en la parte sana. La línea nuca-hombro ya no tiene la forma de arco, sino que está doblada. La escápula está más alejada de la línea media, la cavidad glenoidea mira hacia adelante y abajo. El hombro sólo puede elevarse con poca potencia (m.elevador de la escápula) y sólo puede ser llevado hacia atrás débilmente (m.romboideo). La elevación lateral del brazo está muy limitada, el brazo no puede ser abducido hasta la horizontal. La elevación hacia adelante del brazo no está reducida (notablemente) (giro de la escápula por el m.serrato anterior).
En una parálisis del *m.serrato anterior* el borde interno de la escápula está más cerca de la columna vertebral y algo separado del tórax (posición de alas de ángel, escápula alata). El movimiento hacia adelante del hombro tiene lugar sin fuerza (m.pectoral mayor). En el levantamiento del brazo hacia adelante la escápula se separa como un ala, el brazo no puede elevarse hacia adelante por encima de la horizontal.

En una lesión del n.dorsal escapular con una parálisis del *m.elevador de la escápula* y del *romboideo,* el borde escapular interno, especilamente el ángulo inferior de la escápula, está algo apartado del tórax. En la elevación del hombro (parte descendente del m.trapecio) el ángulo inferior de la escápula gira en sentido ventral externo, igualmente en la aducción intensa del brazo, que el borde escapular interno ya no puede ser sostenido por el m.romboideo.

Clavícula y vasos subclavios. El m.subclavio y la fascia clavipectoral, que incide en el músculo en la cara inferior de la clavícula, recubren como almohadillado protector los vasos subclavios y las ramas "radiculares" del plexo braquial, que, con ello, incluso en las fracturas astilladas de la clavícula, no están expuestos a una lesión. Dado que la v.subclavia está fijada al periostio de la 1.ª costilla y a la fascia pectoral, el vaso se mantiene continuamente abierto. Cada movimiento en el que la clavícula se separa de la 1.ª costilla, ensancha, mediante tracción sobre la fascia, la luz de la vena e impulsa el retorno sanguíneo. Como quiera que en una lesión de la vena subclavia el vaso no se colapsa, en el lugar de la lesión puede producirse la aspiración de aire (peligro de una embolia gaseosa).

2. Articulación del hombro

a) Elemento esquelético del brazo

En la articulación del hombro se articulan la *escápula* y el *húmero*.
En el **húmero** (figs. **77** y **78**) distinguimos un cuerpo (diáfisis) y un extremo proximal y otro distal (epífisis proximal y distal).

En el extremo proximal se encuentra la *cabeza del húmero* semiesférica, grande, dirigida en sentido *mediocraneal*. Forma con el eje de la diáfisis un ángulo de unos 130º. Su superficie cartilaginosa se articula con la cavidad glenoidea de la escápula. *Hacia fuera* mira el voluminoso *troquiter;* hacia la *parte ventral* sobresale *el troquín*. De ambas tuberosidades parte hacia la parte distal un relieve lineal: la *cresta subtroquitariana* y la *cresta subtroquiniana*. Las dos tuberosidades y las dos crestas óseas delimitan un canal, el *surco bicipital*, por el que discurre el tendón del fascículo largo del bíceps (fig. **83**).

En las tres zonas del troquiter se insertan, de la parte dorsal a la ventral, los tendones del m.redondo menor, infraespinoso y supraespinoso. En el troquín se inserta el tendón del m.subescapular.

En el húmero varo (entre otras cosas, como consecuencia de trastornos del crecimiento, cretinismo, raquitismo), el ángulo entre eje diafisario y eje de la cabeza del húmero está reducido hasta casi 90ª. El tróquiter está relativamente elevado.

El segmento anular estrechado del extremo proximal del húmero, entre la cabeza del húmero y las dos tuberosidades, es denominado *cuello anatómico*. Está situado en un plano oblicuo que desciende hacia la parte interna. El *cuello quirúrgico*, un leve estrechamiento de la diáfisis del húmero en la parte distal de las tuberosidades, se encuentra, por el contrario, en un plano horizontal.

Las *fracturas* del húmero se presentan con más frecuencia en el cuello quirúrgico que en el anatómico o en los segmentos diafisarios gruesos.

En el *cuerpo del húmero* se distingue una *cara antero-interna* y una *cara antero-externa*, que están separadas de la cara posterior por el *borde interno* y *borde externo* respectivamente. En el centro de la diáfisis se encuentra en la cara anterior externa una aspereza para la inserción del m.deltoideo, *rugosidad deltoidea*.

En la parte media de la diáfisis del húmero, algo distalmente con respecto a la rugosidad deltoidea, discurre el *surco del n.radial* en una espiral vertical desde la cara posterior, rodeando la cresta externa, a la cara antero-externa. En este surco cursa –cerca del hueso y por tal motivo expuesto a lesiones en las fracturas– el n.radial conjuntamente con la arteria y vena humoral profunda. El *distal* del húmero (fig. **91**) es ancho y aplanado en sentido dorsoventral. La cresta interna afilada discurre por la *epitróclea* claramente prominente; la cresta externa, igualmente aguda, por el *epicóndilo*, menos prominente. Ambas eminencias óseas constituyen zonas de origen para la musculatura del antebrazo. En la cara dorsal de la epitróclea yace el n.cubital en el *surco del n.cubital* inmediatamente debajo de la piel (hueso de la música). Entre epicóndilo y epitróclea y distalmente con respecto a ambos se encuentra el segmento humeral articular. Es portador de una guía a modo de polea en la parte interna, la *tróclea humeral*, con la que la hendidura troclear articula el codo. El *cóndilo del húmero*, situado

externamente, no llega distalmente tan lejos como la tróclea. Forma un abombamiento semiesférico en la cara anterior. Por encima de la cabeza del húmero hay una fosa plana, la *fosa radial*, en la que se desliza la cabeza del radio en caso de flexión máxima de la articulación del codo. Proximal con respecto a la tróclea se hunde la *fosa coronoidea* para la apófisis coronoides del cúbito. Mediante una pequeña abertura puede estar en conexión con la profunda *fosa olecraniana* en la parte dorsal del cóndilo humeral, en la que se comprime el olécranon cuando tiene lugar una extensión extrema de la articulación del codo.

Aproximadamente 5-6 cm por encima de la epitróclea se presenta ocasionalmente (en europeos en cerca del 1 %) una eminencia ósea, el *proceso supraepitroclear* del que parte un fascículo ligamentoso hacia el epicóndilo. A través de esta abertura así limitada pasan el n.mediano y la a.branquial. En muchos mamíferos el *foramen supracondíleo* está totalmente enmarcado por hueso.
Torsión del húmero. En los adultos un eje frontal trazado a través de la articulación del codo y una línea trazada desde el troquiter al centro de la cabeza del húmero se cruzan en ángulo agudo (fig. **82**). El húmero presenta una leve torsión (14-20%). En el recién nacido la torsión del húmero es de casi unos 60°, en el embrión joven ambos ejes forman aproximadamente un ángulo recto. La disminución de la torsión está correlacionada con la modificación posicional postnatal de la escápula como consecuencia de la variación morfológica del tórax. En el recién nacido, con su tórax en forma de tonel, la cavidad glenoidea mira más hacia la parte ventral; en los adultos, con un tórax ovalado transversalmente, mira más hacia la parte externa. La torsión del húmero debe ser adecuada a la posición de la escápula para que el espacio de amplitud de movimientos de las manos se encuentre en el campo visual.
La **osificación** de la diáfisis humeral (fig. **79**) comienza en la 7-8ª semana embrionaria. En los primeros años de vida se presentan núcleos óseos en la cabeza del

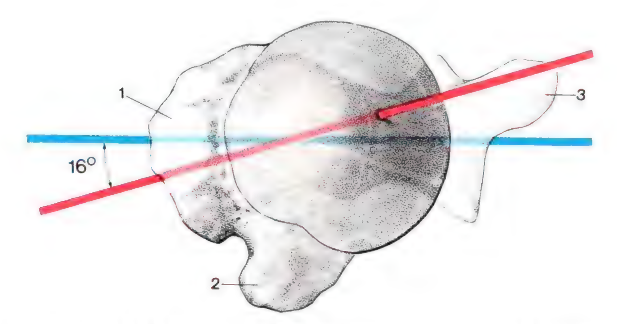


Fig. 82. **Torsión del húmero en el adulto** (extremo proximal del húmero derecho proyectado sobre la epífisis distal del húmero, parte dorsal encima).
Línea de proyección del plano de la cabeza del húmero: (——)
Eje flexión-extensión, en posición frontal, de la articulación del codo: (——)
1 Troquiter
2 Troquín
3 Epitróclea

húmero y en ambas tuberosidades, las cuales se fusionan en el 5° año de vida. Gracias a ello se origina una sincondrosis secundaria unitaria, que es formada por delante por ambas sínfisis apofisarias (distales), y posteriormente por la sínfisis epifisaria primitiva. En la zona dorsal e interna está dentro de la cápsula de la articulación del hombro; en la parte ventral y externa es extracapsular y posee una anchura de varios milímetros. La sínfisis epifisaria *proximal* (secundaria) del húmero desaparece relativamente tarde, el crecimiento longitudinal del húmero concluye aproximadamente en el 25° año de vida. La sínfisis epifisaria *distal* (secundaria) se osifica mucho antes, a los 14-16 años. La sínfisis epifisaria distal secundaria se origina a los 13-15 años, cuando los distintos núcleos de osificación que se presentaron en momentos distintos en el extremo distal del húmero (cabeza del húmero muy pronto, 1° año; tróclea muy tarde, 12 años; epicóndilo) se han fusionado en un complejo epifisario secundario unitario. El núcleo apofisario en la epitróclea (a partir del 5° año de vida) persiste independiente hasta su fusión con la diáfisis (14-18 años).

Los *desprendimientos epifisarios* en la región de la sínfisis epifisaria proximal pueden, como trauma obstétrico, afectar la sínfisis primaria (en la región del cuello anatómico). Más frecuente es un desprendimiento epifisario en la ancha sínfisis cartilaginosa secundaria. En un desprendimiento epifisario correctamente tratado, el peligro de un trastorno del crecimiento es prácticamente insignificante.

b) Cápsula y aparato ligamentoso de la articulación del hombro

En la **articulación del hombro**, la cavidad glenoidea de la escápula se articula con la cabeza del húmero (figs. **77, 83** y **84**). La facies de la cabeza articular semiesférica es 3-4 veces mayor que la cavidad cotiloidea plana, piriforme, cuyo diámetro sagital máximo importa sólo 2/3 del vertical. Su superficie es ampliada por un *rodete glenoideo* (o articular), de unos 5 mm de ancho, que está fijado al borde de la cavidad y en el que, por arriba, llega el tendón de la cabeza larga del bíceps, y por debajo el tendón del fascículo largo del músculo tricipital. La diferencia de tamaño de la cabeza y la cavidad articular da a la articulación una movilidad extraordinaria, que la convierte en la articulación esferoidea más móvil pero también la más frágil del cuerpo humano.
La *cápsula articular* es ancha y laxa. Con el brazo en aducción se pliega en la porción inferior (fig. **77**), con el brazo en abducción lo hace en la parte superior. La cápsula se adhiere al borde externo de rodete de la cavidad en la escápula, pero encierra arriba el origen del tendón del bíceps en la cavidad capsular. En el húmero, la cápsula está fijada al cuello anatómico.

Ligamentos. La pared capsular anterosuperior es reforzada por el *lig.coracohumeral* (figs. **83** y **84**) que va desde la apófisis coracoides al troquiter. Por debajo discurre el *lig.glenohumeral superior* hacia el troquiter del húmero. El *lig.glenohumeral medio* (al troquín) refuerza la pared capsular anterior, el *lig.glenohumeral inferior*, la cápsula entre el tendón del m.su-

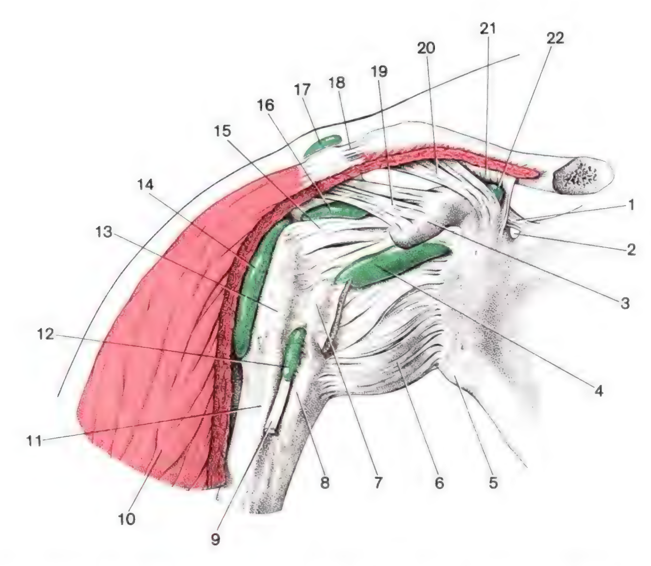


Fig. 83. **Bolsa sinovial alrededor de la articulación del hombro derecho**, vista ventral.

1 Lig.coracoideo
2 Escotadura coracoidea
3 Apófisis coracoides
4 Bolsa del subescapular
5 Tuberosidad infraglenoidea
6 Cápsula articular del húmero
7 Troquín del húmero con inserción del m.subescapular (seccionado)
8 Cresta subtroquiniana
9 Tendón largo del bíceps en el surco bicipital
10 M.deltoides (porción de origen clavicular seccionada)
11 Cresta subtroquiteriana
12 Vaina sinovial bicipital
13 Troquiter
14 Bolsa subdeltoidea
15 Lig.coracohumeral
16 Bolsa subacromial
17 Bolsa subcutánea acromial
18 Lig.acromioclavicular
19 Lig.coracoacromial
20 Lig.trapezoideo } Lig.coracoclavicular
21 Lig.conoideo } Lig.coracoclavicular
22 Bolsa sinovial entre los dos fascículos componentes del lig.coracoclavicular

bescapular y el origen del fascículo largo del tríceps (fig. **84**). Los ligamentos glenohumerales emanan de la ceja cotiloidea y únicamente son identificables en la parte interna de la cápsula. Todos los ligamentos de refuerzo de la articulación del hombro impiden una rotación externa excesiva. Los lig.coracohumeral y glenohumeral superior son también tensados en la aducción del brazo.

Como refuerzo de la cápsula articular, más importante que los fascículos ligamentosos es la envoltura de los músculos en forma de embudo, que rodea la cápsula y está formada en la parte craneal y dorsal por el músculo supraespinoso, infraespinoso y redondo menor, y en la cara anterior de la cápsula articular por el m.subescapular. De los tendones de estos mús-

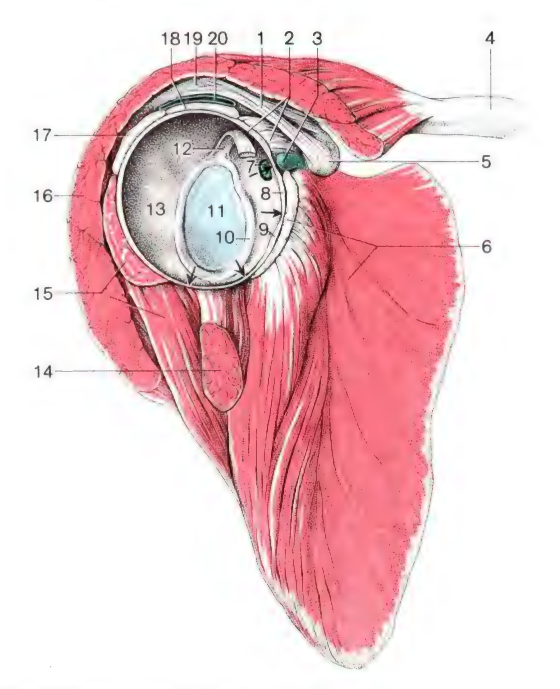


Fig. 84. **Articulación del hombro derecho**, vista lateral. Cápsula articular abierta, húmero separado

1 Lig.coracoacromial
2 Lig.coracohumeral + lig.glenohumeral superior
3 Bolsa del m.subescapular
4 Clavícula
5 Apófisis coracoides
6 M.subescapular
7 Comunicación de la bolsa subtendinosa del m.subescapular con la cavidad articular
8 Lig.glenohumeral medio
9 Lig.glenohumeral inferior
10 Labio glenoideo
11 Cavidad glenoidea
12 Tendón del fascículo largo del bíceps
13 Cápsula articular, cara interna
14 Fascículo largo del m.tríceps braquial
15 M.redondo menor
16 M.deltoides
17 M.infraespinoso
18 M.supraespinoso
19 Acromion
20 Bolsa subacromial, abierta
→ zonas débiles de la cápsula articular

culos irradian fibras a la cápsula articular y actúan como *tensores* de la misma, que evitan un pinzamiento de los pliegues de la cápsula.

Una segunda cubierta muscular superficial de la articulación del hombre la forma el m.deltoides, que igualmente refuerza el cierre articular y actúa para evitarse la luxación de la cabeza de la cavidad cotiloidea.

El tendón del fascículo largo del biceps (fig. **77**), que pasa por dentro de la cavidad capsular, puede ser considerado como un "refuerzo" intracapsu-

lar de la pared capsular, modificable en su longitud y tensión. Se encuentra junto a las zonas débiles de la cápsula, entre el borde anterior de la parte craneal de la cubierta muscular y el lig.coracohumeral, y en el surco bicipital está envuelto por una evaginación de la membrana articular interna, la *vaina sinovial bicipital* (fig. **83**). Otras zonas débiles de la pared capsular (fig. **84**) se encuentran encima y debajo del lig.glenohumeral medio y en el segmento inferior de la cápsula, que no está recubierta por músculo, delante o detrás del origen del tendón del fascículo largo del tríceps.

La *inervación de la cápsula articular* tiene lugar por ramas de los nervios subescapular y musculocutáneo (ventral), del n.supraescapular (dorsal y superior) y del n.axilar (dorsal e inferior).

La posición de relajación de la articulación del hombro en el exudado articular, en la que todas las partes de la cápsula están tensadas al mínimo posible, consiste en una abducción de unos 45° (con una rotación de 0°). Sin embargo, el brazo es colocado junto al cuerpo (fuerza de gravedad), la abducción en la articulación del hombro es enmascarada por el giro simultáneo del ángulo inferior de la escápula hacia dentro.

Las **luxaciones** del brazo en la articulación del hombro, debido a las desproporciones de la cabeza y cavidad glenoidea, no son raras (es la luxación más frecuente). La cabeza del húmero, según la modalidad y dirección de la acción externa, se desplaza casi siempre hacia adelante (fosa subescapular), raramente hacia atrás. Los desgarros capsulares se producen regularmente en las zonas débiles (entre los lig.glenohumerales, delante y detrás del origen del fascículo largo del tríceps). En casos muy raros la cabeza del húmero puede salir hacia arriba y destruir el techo del hombro. Las luxaciones del hombro pueden ser consecuencia de una parálisis del n.axilar.

Los *desgarros tendinosos* de los músculos que se insertan en el troquíter (en parte en unión con luxaciones de hombro) conducen casi siempre a extensos desgarros capsulares.

Las **posibilidades de movimiento en la articulación del hombro** consisten, como en toda articulación esferoide, en movimientos en torno a muchos ejes. Resultan de la combinación de movimientos alrededor de tres ejes principales. Tiene lugar
– *Ante y retroversión* (elevación del brazo hacia adelante y hacia atrás) en torno a un eje horizontal,
– *Abducción y aducción* en torno a un eje sagital,
– *Rotación interna y externa* en torno al eje longitudinal del húmero.

A partir de la posición de reposo, el brazo puede ser antevertido en unos 60° en el plano sagital hacia adelante y afuera puede ser elevado en unos 105°. La retroversión en el plano sagital es posible en unos 37°. Una abducción puede realizarse en unos 90°, una aducción en 10°. Una elevación más fuerte del brazo hacia fuera lo evita el techo del hombro formado por el acromion, lig.coracoacromial y apófisis coracoides.

La amplitud de la circunducción y la relación de la posible rotación externa e interna dependen de la posición del húmero. A la inversa, la circunducción externa ante todo, y la interna, limitan la amplitud de la posible abducción. Una limitación del movimiento en las posiciones extremas tiene lugar, ante todo, por la tensión de los músculos que refuerzan la cápsula articular. Cuando se han utilizado todas las posibilidades existentes en la articulación del hombro, el extremo distal del húmero describe una vía eliptica. Mediante la tensión y torsión de la cápsula articular tiene lugar una circunducción forzada.

La utilización de las posibilidades de movimiento de la cintura escapular aumenta decisivamente la libertad de movimientos del brazo. Tiene lugar precozmente antes de que se agote la amplitud de movimiento de la articulación del hombro. La cápsula es desplazada y girada en el tórax de tal manera que la cavidad glenoidea se sitúa en la posición inicial más favorable para los movimientos del brazo. Mediante el giro hacia fuera del ángulo inferior de la escápula, y el consecuente giro de la cavidad glenoidea en sentido craneal se hace posible la elevación del brazo sobre la horizontal. En la elevación del brazo hasta la horizontal es preciso el movimiento concomitante de la columna vertebral y del tórax.

Bolsa sinovial en las proximidades de la articulación del hombro. La bolsa *subtendinosa del m.subescapular* con bastante frecuencia está en conexión con la cavidad articular (figs. **83** y **84**). Esta bolsa sinovial se encuentra detrás del borde superior del tendón del m.subescapular y se desliza hacia adelante hasta la raíz de la apófisis coracoides. Comunica entre el lig.glenohumeral superior y glenohumeral medio con la cavidad articular. *Articulación secundaria subacromial.* Entre el tendón del m.supraespinoso y la cápsula articular por una parte, y el acromion o el m.deltoideo por otra se encuentran la *bolsa subacromial* y la *bolsa subdeltoidea*, que casi siempre están en comunicación entre sí pero no con la cavidad articular (figs. **83** y **84**). Forman una importante hendidura de deslizamiento para los movimientos en la articulación del hombro y son denominadas *articulación secundaria subacromial.*

Pequeñas bolsas sinoviales que no están en conexión con la articulación del hombro se encuentran muchas veces entre el borde de la cavidad cotiloidea y los tendones de los músculos del hombro.

c) Disposición e inervación de la musculatura del hombro

Los músculos que actúan sobre la articulación del hombro pueden clasificarse en un grupo *dorsal* y otro *ventral*. Del grupo muscular dorsal, los músculos supraespinoso, infraespinoso y redondo menor se insertan en el troquiter; más distalmente el m.deltoideo se inserta en la tuberosidad deltoidea. Los músculos subescapular redondo mayor y dorsal ancho se adhieren al troquiter y a la cresta que parte del mismo. En el grupo ventral consideramos los músculos coracobraquial, pectoral menor y pectoral mayor.

Grupo dorsal

El **m.supraespinoso** (figs. **84** y **85**) se origina en la fosa supraespinosa de la escápula (hacia la parte externa hasta el cuello de la escápula) y en la fascia que recubre los músculos (fascia supraespinosa), que en el borde de la escápula está adherida a la espina escapular. El tendón atraviesa el acromion pasando por debajo del mismo, emite fibras a la cápsula de la articulación del hombro y se une a la faceta anterior del troquiter.

Inervación: N.supraescapular.

El nervio penetra en la fosa supraespinosa pasando por debajo del ligamento transverso superior de la escápula.

El **m.infraespinoso** (figs. **84** y **85**) se origina en la fosa infraespinosa (el segmento que limita con el cuello de la escápula permanece libre) y se inserta en la cápsula articular y en la zona media del troquiter. Está recubierto, conjuntamente con el m.redondo menor, por una fascia adherida a los bordes de la escápula (fascia infraespinosa).
Inervación: N.supraescapular.

El nervio llega, alrededor del cuello de la escápula, a la fosa infraespinosa procedente de la fosa supraespinosa.

El **m.redondo menor** (figs. **84, 85** y **87**) nace en el borde externo de la escápula y va a la cara posterior del troquiter.

Frecuentemente el músculo está tan íntimamente unido al m.infraespinoso que a veces hace difícil su delimitación, y ésta sólo es posible basándose en la distinta inervación.

Inervación: N.axilar.

El ramo que va al m.redondo menor abandona el n.axilar inmediatamente después de su paso por el hueco axilar externo y va al músculo por la cara posterior del tendón de origen del fascículo largo del tríceps.

El **m.deltoides** (figs. **83, 84, 85, 86** y **87**) forma un grueso manto muscular que abarca el extremo proximal del húmero por arriba, por delante, por detrás y por el lado. Da forma al contorno del hombro (fig. **193**), que no depende del músculo sino de la forma ósea, ante todo por la de la tuberosidad mayor.

Ensanchado superficialmente, el músculo se parece a una delta griega invertida, ya que su origen en el cinturón escapular es muy amplio, y en cambio la inserción en el húmero es muy estrecha.

El m.deltoides nace en el tercio externo de la clavícula, en el acromion y en la espina de la escápula. La parte acromial es de estriación compleja (gran cantidad de fibras-mayor corte transversal fisiológico). Los fascículos gruesos de fibras musculares convergen contra el tendón de inserción situado en la cara interna del músculo, que se adhiere a la tuberosidad deltoidea.

Inervación: N.axilar.

El **m.subescapular** (figs. **84** y **86**), almohadilla como potente placa muscular la fosa subescapular, nace adicionalmente en estrías tendinosas que están adheridas a las líneas musculares de la cara costal de la escápula y se inserta en el troquín y, con algunas fibras, también en la cápsula articular.

Inervación: N.subescapular.

El **m.redondo mayor** (figs. **85** y **87**) es un desdoblamiento del m.subescapular. Además está en relación genética estrecha con el m.dorsal ancho, que procede como los dos músculos antes citados del mismo esbozo. El m.redondo mayor nace de la cara dorsal del ángulo inferior de la escápula, se enlaza alrededor del fascículo largo del tríceps y se inserta dorsalmente con respecto al m.dorsal ancho (adherido con él en el borde inferior) en la cresta subtroquiniana.

Inervación: N.subescapular.

Fosas axilares. El triángulo limitado por los músculos redondo menor y redondo mayor, así como por el húmero, está dividido por el fascículo largo del m.tríceps braquial en una fosa *cuadrangular externa* y una *triangular interna* (figs. **85** y **87**). Por la *fosa axilar interna,* que está enmarcada por los músculos redondo menor, redondo mayor y el fascículo largo del m.tríceps braquial, discurre la a.circunfleja de la escápula con venas satélites; por la *fosa axilar externa* (delimitada por los músculos redondo menor, redondo mayor, tríceps y húmero) pasan el n.axilar, la a.circunfleja posterior del húmero y las venas acompañantes.

El **m.dorsal ancho** (figs. **80, 87, 88** y **203**) se ha extendido ampliamente por la cara dorsal. Nace de las apófisis espinosas de las 6 vértebras torácicas inferiores y de los segmentos correspondientes del lig.supraespinoso, mediante la fascia toracolumbar de las espinas de todas las vértebras lumbares y del hueso sacro, de la cresta ilíaca y de la (9.ª) 10-12.ª costilla, y frecuentemente también del ángulo inferior de la escápula. Las fibras musculares discurren oblicuamente hacia arriba, convergen en la inserción en el húmero, efectúan un giro en torno al m. redondo mayor y se insertan en la cresta subtroquiniana (en el borde inferior fusionado con el tendón terminal del m. redondo mayor, por lo demás separado por una bolsa sinovial).

Las fibras que nacen en la parte craneal más extrema se adhieren distalmente a la cresta; los fascículos de fibras procedentes de las costillas se adhieren en la parte proximal más lejana. La parte muscular vecina al húmero está, por tanto, girada. Este giro, que se anula con la elevación del brazo, evita que al elevar el brazo las diversas porciones musculares sufran una distensión excesivamente desigual, ya que con el húmero elevado la parte distal de la cresta alcanza la situación más craneal, más extrema.

Inervación: N.toracodorsal.

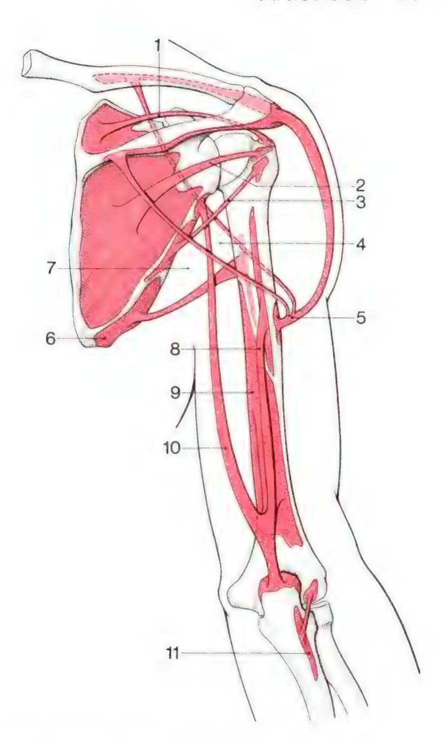


Fig. 85. **Músculos del hombro y del brazo.** Vista dorsal.

1 M.supraespinoso
2 M.infraespinoso
3 M.redondo menor
4 Espacio húmero-tricipital
5 M.deltoides
6 M.redondo mayor
7 Espacio omo-tricipital
8 Vasto externo } del m.tríceps braquial
9 Vasto interno } del m.tríceps braquial
10 Porción larga } del m.tríceps braquial
11 M.anconeo

Grupo ventral

El *m.pectoral mayor* (fig. **87**), un derivado del grupo de los flexores de la extremidad superior, se ha dispersado desde la cintura escapular (clavícula) por la pared ventral del tórax. Nace de la mitad esternal de la clavícula, del esternón y de los cartílagos de la (1.ª) 2.ª-7.ª costilla, así como de la hoja anterior de la vaina del m. recto. Las fibras de la *parte esternocostal* y de la parte *abdominal* cruzan por debajo los fascículos fibrosos de la *parte clavicular* y se insertan proximalmente en la cresta subtroquiteriana; la porción clavicular se inserta distalmente. Así se origina —al igual que en el m.dorsal ancho— una bolsa muscular abierta por la parte craneal que se abre con la abducción y anteversión del brazo.

Con el brazo colgante, el m.pectoral mayor tiene una forma cuadrangular; con el brazo en abducción tiene una forma triangular. Su borde externo forma el pliegue axilar anterior. El pliegue axilar posterior es formado por el borde lateral del m.dorsal ancho. Entre la parte clavicular del m.pectoral mayor y la porción clavicular del m.deltoides existe una hendidura triangular de amplitud variable (fosa de Mohrenheim) a través de la cual discurre la vena cefálica.

Inervación: Nn.pectorales interno y externo (del fascículo interno o externo del plexo braquial).

Un **m.esternal** puede estar desarrollado en forma y extensión variable, uni o bilateral, a lo largo del borde esternal en la fascia pectoral (en los europeos en casi un 5 % de los casos). Si este músculo es inervado por las ramas de los nervios pectorales, debe ser considerado como un rudimento de un músculo cutáneo de los mamíferos (panículo carnoso). También se observaron estrechas relaciones del m.esternal con el m.esternocleidomastoideo o una inervación por ramas de nervios intercostales.

El *m.pectoral menor* (figs. **71, 86, 88** y **202**) nace, totalmente cubierto por el m.pectoral mayor, del extremo ventral de la (2.ª) 3.ª-5.ª costilla ósea y se inserta en la apófisis coracoides de la escápula.

El músculo se ha desarrollado del mismo blastema del que procede el m.pectoral mayor. Normalmente, sólo une el cinturón escapular con la pared torácica; sin embargo, variantes ocasionales del músculo que se insertan en la cresta de la tuberosidad mayor sugieren su posible procedencia de la musculatura de las extremidades.

Inervación: Nn.pectorales interno y externo.

El **m.coracobraquial** (figs. **86** y **87**) pertenece genéticamente al grupo muscular ventral del brazo (flexores) y, como el músculo bíceps braquial y m.braquial, es inervado por el n.musculocutáneo. No obstante, actúa únicamente en la articulación del hombro y por tal motivo es objeto aquí de nuestro comentario.

El músculo se origina conjuntamente con el fascículo corto del bíceps en la apófisis coracoides y se inserta en la cara interna del húmero, distalmente con respecto a la cresta de la tuberosidad menor (fig. **89**).

Con el brazo colgante, el m.coracobraquial está escondido en la fosa axilar. Sirve como músculo conductor del fascículo vásculo-nervioso del brazo.

Inervación: N.musculocutáneo.

d) Acción de los músculos y grupos musculares sobre la articulación del hombro

En los movimientos de la articulación del hombro trabajan constantemente partes de varios músculos conjuntamente, con lo cual los antagonistas contribuyen decisivamente a determinar el sentido, amplitud y velocidad

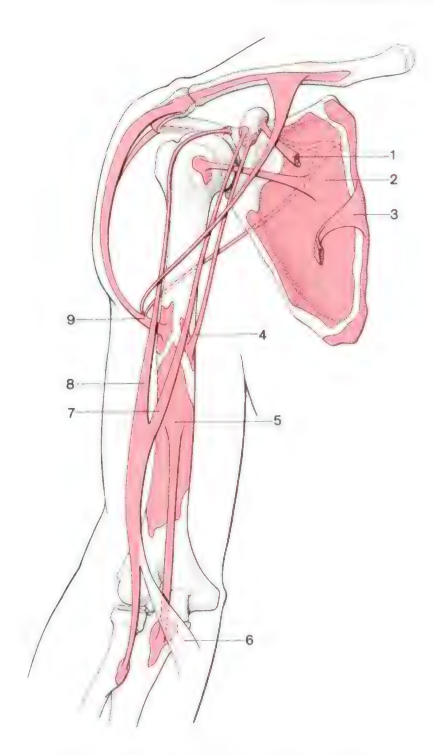


Fig. 86. **Músculos del hombro y brazo.** Vista ventral.
1 M.pectoral menor
2 M.subescapular
3 M.serrato mayor
4 M.coracobraquial
5 M.braquial anterior
6 Lacertus fibrosus
7 Cabeza corta } del m.bíceps braquial
8 Cabeza larga } del m.bíceps braquial
9 M.deltoides

de un movimiento. En muchos movimientos se añade, además, la acción de la gravedad. La posibilidad de trabajo de un músculo o parte muscular depende de la posición articular correspondiente en aquel momento (articulación esferoidea). La función muscular puede manifestarse de manera opuesta en caso de condiciones iniciales falsas. Prescindiendo de movimientos de rotación del brazo colgante, en los movimientos normales de la articulación del hombro se trata (casi) siempre de una fase de un movimiento compuesto en el que actúan, ante todo, los músculos del hombro pero también los músculos del brazo.

En una exploración médica de las posibilidades de movimiento de la articulación del hombro, la escápula debe permanecer junto al tórax para desconectar en lo posible movimientos concomitantes de la cintura escapular.

Una *relajación* aproximadamente uniforme *de los músculos del hombro* (p. ej., en la posición en reposo del brazo en caso de una fractura del húmero) se consigue con una abducción del brazo (en el plano frontal) hasta la horizontal, con simultánea flexión en ángulo recto del antebrazo situado horizontalmente.

En la articulación del hombro, el brazo es:

– *antevertido* (elevado en sentido ventral) por la acción conjunta de la parte acromial y la clavicular del m.deltoides, de las dos cabezas del m.bíceps braquial, del m.coracobraquial, de la porción clavicular (y esternocostal) del m.pectoral mayor y del m.supraespinoso.

  Los músculos subescapular, infraespinoso y redondo menor impulsan levemente el movimiento de flexión.

– *retrovertido* (dirigido dorsalmente) mediante la acción combinada de la porción espinosa del m.deltoides, redondo mayor y dorsal ancho, así como –en la retroversión del brazo antevertido hasta la posición normal– mediante el fascículo largo del m.tríceps braquial;

– *abducido* mediante la parte acromial del m.deltoides, el m.supraespinoso y el fascículo largo del bíceps.

  En la abducción progresiva, partes del m.infraespinoso, parte avicular y espinosa del m.deltoides, así como –en menor medida– también partes del m.subescapular y del m.redondo menor pueden apoyar el movimiento.

– *aducido* mediante los músculos pectoral mayor, redondo mayor y dorsal ancho, así como por el fascículo largo del m.tríceps braquial.

  Los músculos subescapular, coracobraquial y el fascículo corto del bíceps, y en caso de aducción avanzada también los músculos infraespinoso y redondo menor, así como también las porciones del m.deltoides que nacen en la clavícula y espina de la escápula pueden ayudar.

– *rotado hacia dentro* mediante los músculos subescapular, pectoral mayor y bíceps braquial.

  Complementado por la acción del m.redondo mayor, dorsal ancho y la porción clavicular del deltoides.

– *rotado hacia fuera,* predominantemente por el m.infraespinoso, además por el m.redondo menor y la porción espinosa del m.deltoides.

  El fascículo largo del tríceps y el m.supraespinoso apoyan la rotación externa.

Mediante la acción conjunta de músculos o partes musculares con función distinta pueden conseguirse movimientos mixtos. Por ejemplo, mediante la contracción del m.deltoides, del redondo mayor y dorsal ancho puede ser llevado el brazo a la espalda. Un movimiento especialmente potente tiene lugar en el movimiento de lanzamiento mediante la combinación de aducción, anteversión y rotación interna.

Como *tensor de la cápsula* actúan los músculos subescapular, supraespinoso, infraespinoso y redondo menor.
Con el brazo fijado, los músculos *pectoral mayor* y *dorsal ancho* pueden atraer el tórax hacia el brazo (p. ej., levantamiento del cuerpo al subir la escalera o escalar). Junto con el *m.pectoral menor* (con la escápula fijada) pueden levantar las costillas como músculos respiratorios auxiliares. Al transportar maletas, los músculos *deltoides* y *coracobraquial* aseguran la articulación del hombro; en ello la parte descendente del m.trapecio intenta evitar el descenso de la escápula.
El *m.dorsal ancho* comprime la escápula contra el tórax; el *m.redondo mayor* puede girar (con el brazo en posición fija) el ángulo inferior de la escápula hacia fuera y hacia adelante. El *m.pectoral menor* es capaz de voltear la escápula de manera que el ángulo inferior se levanta de la pared torácica. El *m.coracobraquial* contribuye a conducir el brazo desde las diversas posiciones a la posición normal.

En pacientes con tos crónica la porción marginal externa del m.dorsal ancho es dolorosa, o en caso de expiración dificultosa persistente sufre una hipertrofia. Este hallazgo se puede interpretar en el sentido de que —con el brazo apoyado— la porción externa muscular incrementa la cifosis torácica y con ello puede tener un efecto espiratorio.

Parálisis. En una parálisis de los *mm.supra e infraespinoso*, después de la sección del n.supraescapular llama la atención la evidente atrofia de estos músculos en la cara dorsal de la escápula. El húmero está fuertemente rotado hacia dentro. Una rotación externa amplia pero débil es aún posible (m.redondo menor). En la abducción del brazo existe el peligro de una subluxación de la cabeza del húmero hacia abajo.

En caso de parálisis del n.axilar queda afectado ante todo el m.deltoides. Una abducción fuerte sin participación de la porción acromial del m.deltoides no es posible.

En una parálisis del *m.subescapular y redondo mayor* (p. ej., como consecuencia de una sección del n.subescapular), el brazo está en rotación externa. La rotación interna es posible sólo débilmente; los pacientes no pueden alcanzar el segmento inferior de la espalda.

En un fallo del *m.dorsal ancho* (sección del n.toracodorsal), el brazo puede ser desplazado hacia adelante junto al cuerpo en el plano frontal (m.pectoral mayor, redondo mayor). No obstante, los pacientes tienen dificultades en realizar la aducción con el brazo en retroversión.

Una parálisis total de los *músculos pectoral mayor y menor* (por regla general) solamente se presenta cuando tanto el fascículo interno como el externo del plexo braquial o los nervios pectorales procedentes de los mismos están paralizados. En este caso el hombro puede ser descendido sólo débilmente (fallo del m.pectoral menor y de las fibras que nacen en la parte caudal del m.pectoral mayor) y está reducida la potencia en la aducción del brazo. En la anteversión el brazo se desvía hacia fuera y no puede ser dirigido hacia la parte media del cuerpo.

En una parálisis del *m.subescapular y redondo mayor* (p. ej., como consecuencia de una sección del n.subescapular), el brazo está en rotación externa. La rotación interna es posible sólo débilmente, los pacientes no pueden alcanzar el segmento inferior de la espalda.

En un fallo del *m.dorsal ancho* (sección del n.toracodorsal), el brazo puede ser desplazado hacia adelante junto al cuerpo en el plano frontal (m.pectoral mayor, redondo mayor). No obstante, los pacientes tienen dificultades en realizar la aducción con el brazo en retroversión.

Una parálisis total de los *músculos pectoral mayor y menor* (por regla general) solamente se presenta cuando tanto el fascículo interno como el externo del plexo braquial o los nervios pectorales procedentes de los mismos están paralizados. En este caso el hombro puede ser descendido sólo debilmente (fallo del m.pectoral menor y de las fibras que nacen en la parte caudal del m.pectoral mayor) y está reducida la potencia en la aducción del brazo. En la anteversión el brazo se desvía hacia fuera y no puede ser dirigido hacia la parte media del cuerpo.

3. Cavidad axilar

Como **cavidad axilar** o *axila* se entiende el espacio limitado (en su mayor parte) por músculos entre la pared lateral del tórax y el brazo. Por la axila pasan vasos y nervios que son conducidos desde el triángulo lateral del cuello como *paquete vasculo-nervioso* hasta el brazo, de manera que, por una parte, no limiten los movimientos de la cintura escapular y del brazo, y, por otra parte, de manera que éstos no sean perjudicados por dichos movimientos (distensión, desgarro o pinzamiento). A partir de la vaina conjuntival de fibras rígidas del fascículo vasculo-nervioso parten haces y laminillas de tejido conjuntivo laxo a las paredes de la axila. En las variaciones de forma y tamaño de la cavidad axilar (como consecuencia de los movimientos de la cintura escapular y brazo) ejercen una acción de desplazamiento protector del paquete vasculo-nervioso.

Entre las placas y cordones de tejido conjuntivo hay tejido graso como masa de relleno moldeable (en gran parte grasa de depósito).

Si se presenta (p. ej., como consecuencia de una inflamación) una acumulación mayor de líquido, y con ello un relleno tenso de los espacios reticulares o una atrofia de la red conjuntival, queda entonces limitada la movilidad de la articulación del hombro.

a) Paredes de la cavidad axilar

Con el brazo en abducción, la cavidad axilar (fig. **87**) se asemeja a una *pirámide cuadrangular cuyo vértice* se encuentra detrás del centro de la clavícula. La *base* mira hacia la parte caudal externa y está formada por la fascia axilar. La *pared ventral* de la cavidad axilar está formada por los

músculos pectoral mayor y menor (+ fascia clavipectoral). El borde externo del m. pectoral mayor forma el *pliegue axilar anterior.*
La pared dorsal está formada internamente por el m. subescapular, por fuera del músculo redondo mayor y por la porción marginal externa del m.dorsal ancho, que simultáneamente forma el *pliegue axilar posterior.*
La *pared interna* está constituida por las digitaciones de origen del m.serrato anterior.
La *pared externa* es delgada. En su formación participan el extremo proximal del húmero, el m.coracobraquial y el fascículo corto del bíceps.

La pared anterior de la cavidad axilar corresponde a la superficie corporal de la parte externa correspondiente de la *región infraclavicular,* que se extiende entre esternón, clavícula y m.deltoides y la *región mamaria* que le sigue sin delimitación notable hacia la parte caudal.

Por *región axilar* se entiende la región corporal sobre la base de la axila, que comprende ambos pliegues axilares, y la zona cutánea existente entre los mismos y que forma una depresión (vellosa en los adultos), la *fosa axilar.*

b) Relaciones fasciales de la cavidad axilar

Fascia axilar. La *fascia axilar* limita como lámina conjuntival la cavidad axilar con el brazo en abducción hacia la parte externa y caudal. En el pliegue axilar anterior pasa por la fascia pectoral y se continúa en el pliegue axilar posterior hasta la fascia dorsal. Hacia los brazos se continúa con la fascia braquial. En la profundidad está en conexión con los músculos que delimitan la cavidad axilar y con la fascia clavipectoral. En la zona en la que hay glándulas cutáneas y sudoríparas subyacentes a la piel axilar, la fascia axilar es delgada e interrumpida en pliegues (lámina cribosa axilar). En esta región oval pasan numerosos vasos linfáticos, pequeñas venas, arterias y ramos nerviosos a través de la fascia. Los fascículos conjuntivales reforzados que delimitan esta área laxa y perforada se denominan *arco axilar fascial* (borde interno de la lámina cribosa axilar) y *arco braquial* (borde externo).

En la fascia axilar pueden incidir fascículos musculares que discurren a lo largo del arco axial fascial por el cordón vasculo-nervioso y por el m.coracobraquial. Pueden unir el tendón del músculo dorsal y pectoral: *arco axilar muscular* (el material muscular puede proceder tanto del panículo carnoso o del m.pectoral mayor como del blastema del m.dorsal ancho).

La fascia axilar está tensada con el brazo en abducción y la piel está tensa. El m.coracobraquial, como músculo conductor del cordón vasculo-nervioso, se abomba notablemente (posición del brazo para la inspección de la axila o para intervenciones quirúrgicas). En la posición en reposo persistente del brazo se atrofia la fascia axilar, así

como la cápsula, de manera que queda limitada la movilidad de la articulación del hombro.

Las glándulas sebáceas, ecrinas, sudoríparas y olorosas de la axila (tomo 3: Histología; glándulas cutáneas) se encuentran en el corion de la piel axilar, superficialmente con respecto al subcutis pobre en grasa y a la fascia axilar. Por tanto, en la incisión de un absceso de las glándulas sudoríparas, la fascia no debe ser doblada. No obstante, la fascia axilar constituye sólo una resistencia limitada a la diseminación de inflamaciones a (o de la) la profundidad.

c) Elementos conjuntivales de la cavidad axilar

Los elementos conjuntivales moldeables de la cavidad axilar están atravesados por el cordón vásculo-nervioso para la extremidad superior libre, por vasos y nervios del hombro o de la musculatura de la cintura escapular y por un amplio sistema de vías linfáticas. Oculta, además, los diversos grupos de los ganglios linfáticos axilares. En un hombre bien nutrido las vías conductoras ocupan aproximadamente la mitad del espacio axilar.

En lo referente a la expansión de inflamaciones, el componente conjuntival de la axila constituye un espacio unitario en el que las frágiles laminillas conjuntivales no pueden aguantar la presión de supuraciones o hematomas.

El espacio conjuntival de la axila se comunica con los espacios conjuntivales de regiones vecinas. El tejido conjuntivo axilar continúa (fig. **87**):
- hacia el cuello a lo largo de los vasos subclavios y los troncos del plexo braquial en el segmento inferior del triángulo externo del cuello,
- hacia el brazo a lo largo del cordón vásculo-nervioso de la extremidad superior en el surco bicipital interno,
- a la región deltoidea (zona del m.deltoides) a lo largo de los vasos circunflejos humerales anteriores o de los vasos circunflejos humerales posteriores a través de la fosa axilar externa,
- a la región escapular (región correspondiente a la escápula) a lo largo de los vasos circunflejos de la escápula a través de la fosa axilar interna,
- hacia la *pared lateral del tórax* por debajo de los músculos pectorales (ventral) o por debajo del m. dorsal ancho (dorsocaudal),
- a la *región infraclavicular* a lo largo de los vasos y nervios que atraviesan la fascia clavipectoral (vasos toracoacromiales, venas cefálicas, nervios pectorales).

A lo largo de estas vías conjuntivales pueden difundirse a la profundidad con relativa rapidez procesos inflamatorios del componente conjuntivo axilar. A partir del tejido conjuntivo y adiposo en la región interpectoral y subpectoral pueden penetrar flemones subpectorales (flemones = inflamación provocada por gérmenes piógenos con tendencia a su diseminación en hendiduras de los tejidos) a lo largo de los vasos intercostales que penetran en la pared torá-

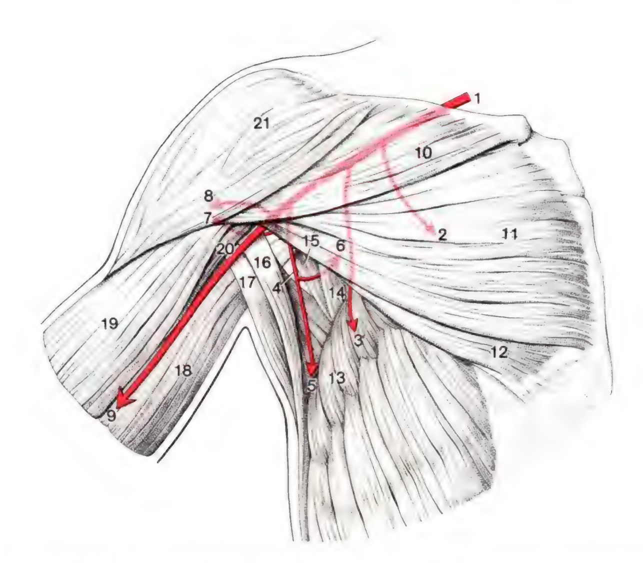


Fig. 87. **Vías de comunicación para vasos y nervios desde la cavidad axilar.**

al cuello:
1 A.subclavia

a la pared torácica anterior y lateral:
2 Rama pectoral de la a.toracoacromial
3 A.torácica externa
4 A.subescapular
5 A.toracodorsal
6 A.circunfleja de la escápula a través del espacio omo-tricipital

a la región deltoidea:
7 A.circunfleja humeral posterior a través del espacio húmero-tricipital
8 A.circunfleja humeral anterior

al brazo:
9 A.humeral

10 Parte clavicular
11 Parte esternocostal
12 Parte abdominal
13 M.serrato mayor (las muescas de origen alternan en la línea de Gerdy con los orígenes del m.oblicuo externo del abdomen)
14 M.subescapular
15 M.redondo menor
16 M.dorsal ancho
17 M.redondo mayor
18 M.tríceps braquial
19 M.bíceps braquial
20 M.coracobraquial
21 M.deltoides

cica (externamente por el m.serrato anterior) en el tejido conjuntivo subpleural o (ventralmente) en el mediastino.

d) Ganglios linfáticos axilares y regiones correspondientes a los mismos

En la región de la cavidad axilar existen unos 30 ganglios linfáticos, *nódulos linfáticos axilares* (figs. **113** y **215**) que, correspondientemente a su situación y su territorio, pueden dividirse en 5 grupos.
Tres *grupos de ganglios linfáticos* son *regionales* y de *situación superfi-*

cial (es decir, en parte en las laminillas fibrosas de la fascia axilar, en parte inmediatamente debajo de la misma):

– Los *nódulos linfáticos axilares externos* (fig. **215a**, en la zona interna y dorsal de los 2/3 distales de la vena axilar), que reciben los vasos linfáticos superficiales (epifasciales) y los profundos del brazo,
– los *nódulos linfáticos axilares pectorales* (fig. **215b,** en el borde inferior del pectoral menor y a lo largo de los vasos torácicos externos), cuyo territorio comprende la pared anterior y lateral, la glándula mamaria (!) y la pared anterior del abdomen por encima del ombligo, y
– los *nódulos linfáticos axilares subescapulares* (fig. **215b**, entre el m.subescapular y m.redondo mayor, alrededor de los vasos subescapulares), a los que acuden vasos linfáticos de la región inferior de la nuca, de la región dorsal de los hombros y de la pared torácica posterior.

Los ganglios linfáticos axilares superficiales están en conexión recíproca, de manera que las enfermedades de un grupo ganglionar pueden ser transmitidas al otro grupo ganglionar (importante p. ej., en las metástasis). De la vecindad íntima del n.intercostobraquial con los ganglios linfáticos axilares superficiales, pero también con los nódulos linfáticos axilares centrales, se comprenden los dolores que irradian a la pared torácica y cara interna del brazo en las enfermedades de estos ganglios (a veces el primer signo clínico del carcinoma de mama).

Los *nódulos linfáticos profundos,* como segunda y tercera estación de filtro, forman una cadena en la cara interna del cordón vasculo-nervioso, que llega hasta debajo de la clavícula. Los ganglios linfáticos axilares profundos en el tejido conjuntivo de la axila, incluso en caso de hipertrofia, son palpables con dificultad. Se distinguen:

– los *ganglios linfáticos axilares centrales* (fig. **215b,** detrás del m.pectoral menor) con afluentes procedentes de los ganglios linfáticos axilares superficiales, y
– los *ganglios linfáticos axilares apicales* (fig.**215a** situación craneal con respecto al m. pectoral menor, debajo de la clavícula, a lo largo de la vena subclavia), los cuales reciben la linfa de los ganglios linfáticos centrales, pero también reciben afluentes directos a partir de los vasos linfáticos del brazo que discurren con la vena cefálica y de una zona marginal craneal de la glándula mamaria.

Desde los ganglios linfáticos apicales la linfa de todo el brazo y de la pared torácica fluye al tronco subclavio (figs. **113** y **215a**), el cual casi siempre desemboca directamente en el ángulo venoso.

El tronco subclavio derecho forma ocasionalmente con el tronco yugular derecho un conducto linfático derecho; el tronco subclavio izquierdo puede penetrar en el conducto torácico.

e) Paquete vásculo-nervioso en la cavidad axilar

El *paquete vásculo-nervioso del brazo* (fig. **88**) en la cavidad axilar consta de la *arteria axilar,* de la *vena axilar* y de la *parte infraclavicular* del *ple-*

xo braquial. Con el brazo en abducción moderada, el fascículo vásculo-nervioso va desde el centro de la clavícula al extremo proximal del surco interno del brazo, con lo cual el m.coracobraquial (situado algo ventrolateralmente), y en la región del brazo el fascículo corto del bíceps, sirven como estructura conductora.

El paquete vásculo-nervioso discurre cerca de la pared anterior de la cavidad axilar. Sólo al llegar a la zona externa de la axila consigue relaciones más próximas con la pared dorsal, donde cruza las inserciones musculares que van al troquin (m.subescapular), o hacia la cresta subtroquiniana (m.dorsal ancho, m.redondo mayor). Con el brazo en abducción, el paquete vásculo-nervioso se halla junto al m.serrato anterior.

En caso de abducción extrema del brazo, el cordón vásculo-nervioso entra en contacto íntimo con la cabeza del húmero y es distendido. En caso de compresión persistente de la cabeza del húmero (p. ej. durante una anestesia con el brazo elevado) puede eventualmente lesionarse el fascículo interno del plexo braquial. La típica "parálisis anestésica" que se presenta en caso de posición inadecuada del brazo afecta, sin embargo, únicamente a las "raíces" superiores del plexo braquial (C_5, C_6), parálisis de Erb, ya que con el brazo elevado y traccionado hacia atrás, la clavícula comprime las apófisis transversas de la columna cervical y comprime estos ramos nerviosos a la salida del hueco escaleno. Las muletas, de frecuente uso en otros tiempos, debido a la compresión que ejercían desde la fosa axilar contra la cabeza del húmero, originaban, en caso de utilización prolongada, una "parálisis por muletas" en la que se afectaba, ante todo, el n.radial.

El trayecto del cordón vásculo-nervioso por la axila (fig. **88**) se divide en tres segmentos parciales, en los que varían notablemente las relaciones de situación entre plexo nervioso y arteria, mientras que la vena axilar persiste en su trayecto ventral interno con respecto a la a.axilar.
En el *segmento proximal axilar* (entre el m.subclavio y por encima del m.pectoral menor) los ramos de las "raíces" del plexo o los troncos del plexo braquial mantienen inicialmente su posición dorsocraneal con respecto a la arteria. Sin embargo, se aproximan e inician su nueva ordenación en tres cordones nerviosos o troncos secundarios.
En el *segmento medio del trayecto* (detrás del m.pectoral menor) se continúa esta distribución del tronco. Se originan tres fascículos nerviosos, los cuales abrazan la a.axilar por tres partes. El *tronco secundario externo* se sitúa inmediatamente junto a la parte externa de la arteria. El *tronco secundario interno* la rodea desde la parte dorsal y se sitúa en su parte dorsal interna. El *tronco secundario* se junta a la arteria axilar por la parte dorsal. En el *segmento distal del trayecto* (entre m. pectoral menor y borde inferior del m.pectoral mayor) se concluye la formación del fascículo. Un desdoblamiento del fascículo interno rodea como ensambladura interna la arteria axilar por la parte ventral y forma con el surco externo procedente del fascículo externo, la *horquilla del nervio mediano.*
De los tres fascículos nerviosos originados en la axila salen en total 7 "largos" troncos nerviosos hacia la musculatura y la piel de la extremidad

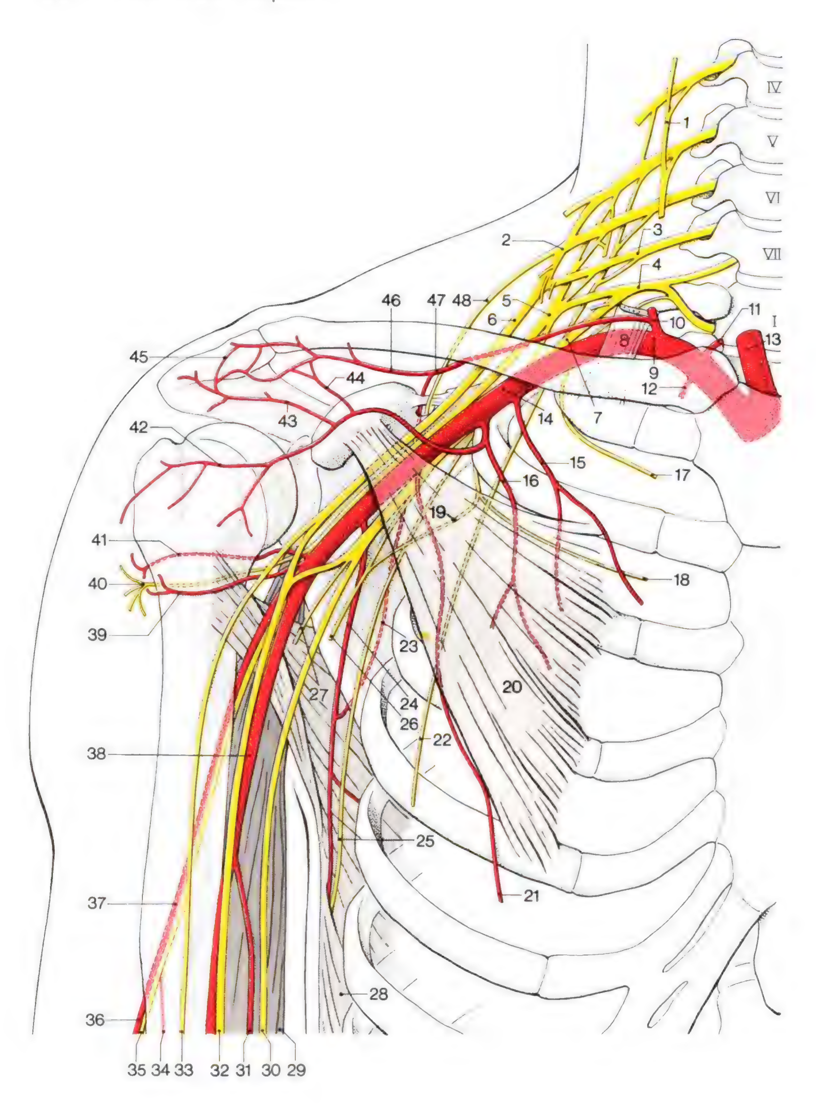


Fig. 88. **Arterias y nervios en la región de la cintura escapular y cavidad axilar.** (Se han dibujado los ramos cortos del plexo braquial pero no se han numerado a fin de obtener una visión más clara de la figura, → Fig. 58.)

libre. En la cavidad axilar, la *parte infraclavicular* del plexo braquial emite además 4 troncos cortos a la musculatura del hombro. Por la axila pasan también el *n.intercostobraquial,* que se junta al nervio cutáneo braquial interno del fascículo interno, y el *nervio torácico largo* (procedente de la parte supraclavicular del plexo braquial) que, relativamente protegido por la resistente fascia del m.serrato anterior, se dirige hacia abajo e inerva el músculo.

Vasos axilares

A.axilar. La aorta correspondiente al brazo, la a. subclavia, a partir del borde externo de la 1.ª costilla es denominada *arteria axilar.* En el borde inferior del m.pectoral mayor (pliegue axilar anterior) se continúa con la *arteria braquial.*

Las ramas de la arteria axilar, en lo que respecta a la altura de su origen y modalidad del mismo, muestran una notable variabilidad. La siguiente exposición reproduce un patrón básico de la ordenación de los vasos.

La *arteria axilar* emite:
En el tramo axilar *proximal* (fig. **88**):

– la *a.torácica superior*, un vaso pequeño variable hacia los músculos pectorales subclavio y serrato anterior.

– La *a.toracoacromial*, que nace como potente vaso en el borde superior del m.pectoral menor, pasa junto con la v.cefálica por la fascia clavipectoral y en la fosa de Mohrenheim se ramifica en:

– *rama acromial* hacia la red acromial en el acromion y la articulación acromioclavicular,

◄ 1 N.frénico
2 Tronco primario superior
3 Tronco primario medio
4 Tronco primario inferior
5 Tronco secundario posterior
6 Tronco secundario externo
7 Tronco secundario interno
8 M.escaleno anterior
9 A.subclavia
10 Tronco tireocervical
11 A.vertebral
12 A.torácica interna
13 A.carótida común
14 A.axilar
15 A.torácica superior
16 Rama pectoral de la arteria toracoacromial
17 N.intercostal I
18 N.intercostal II
19 N.intercostobraquial
20 M.pectoral menor
21 A.torácica externa
22 N.torácico largo
23 A.circunfleja de la escápula
24 A.subescapular
25 A. y n.toracodorsal
26 N.braquial cutáneo interno
27 N.accesorio del braquial cutáneo interno
28 M.dorsal ancho
29 Fascículo largo del m.tríceps braquial
30 N.cubital
31 A.colateral interna superior
32 N.mediano
33 N.musculocutáneo
34 A.colateral media
35 N.radial
36 A.colateral radial
37 A.humeral profunda
38 A.humeral
39 A.circunfleja humeral anterior
40 N.axilar
41 A.circunfleja humeral posterior
42 Rama deltoidea de la a.toracoacromial
43 Rama acromial de la a.toracoacromial
44 R.clavicular de la a.toracoacromial
45 Red acromial
46 Rama acromial de la a.supraescapular
47 A.supraescapular
48 N.supraescapular

– *rama clavicular* hacia el m.subclavio
– *rama deltoidea*, que va a los músculos pectoral mayor y deltoides, así como a la piel, y
– *ramas pectorales* hacia ambos músculos pectorales (fig. **87**).

En el tramo axilar *medio* (fig. **88**):
– *a.torácica externa* (el origen puede estar desplazado tanto en sentido proximal como distal), que en el m.serrato anterior –independientemente del n.torácico largo– se dirige hacia abajo (fig. **87**), irriga los músculos serrato anterior y pectorales, (en la mujer) emite ramas laterales mamarias a la glándula mamaria (fig. **214**) y anastomosa con la rama descendente de la a.transversa del cuello,

– *2-3 ramas subescapulares* (inmediatamente a partir de la a.axilar hacia el músculo).

En el tramo axilar *distal* (figs. **78, 87** y **88**):
– *a.subescapular*, que en el tejido conjuntivo de la axila discurre en un trayecto corto caudalmente a lo largo del borde externo del m.subescapular, emite pequeñas ramas al músculo del mismo nombre y se divide en la *a.toracodorsal* (a los músculos dorsal ancho, redondo mayor, subescapular y serrato anterior) y la *a.circunfleja escapular* (a través de la fosa axilar interna a la fosa infraespinosa, anastomosis con las ramas de la a.supraescapular).
– *a.circunfleja humeral anterior*, un vaso frágil, que pasando por debajo del m. coracobraquial y en torno al cuello quirúrgico se desvía hacia el surco bicipital del húmero e irriga el m.deltoides así como la cápsula articular de la articulación del hombro.
– *a.circunfleja humeral posterior*, que con el n.axilar pasa por la fosa axilar externa, abraza el húmero por la parte dorsal y se ramifica en el m.deltoides, en el fascículo largo y el externo del tríceps y en la cápsula articular.

Las ramas de la a.axilar hacia el hombro se anastomosan con las ramificaciones de las ramas del cuello de la a.subclavia. Por tanto, en caso de ligadura de la a.axilar, antes de la salida de sus ramas puede formarse una circulación colateral suficiente.

El aislamiento de la a. axilar es posible tanto a partir de la fosa axilar como de la fosa infraclavicular. Desde la fosa axilar se incide en la protuberancia del m. coracobraquial. Como quiera que en el 75 % de los casos no existe ninguna anastomosis entre las ramas de la a.axilar y la a.braquial, debe evitarse la ligadura entre la salida de la a. circunfleja humeral posterior y la a.humeral profunda. En el acceso desde la región infraclavicular, la a.axilar está situada profundamente (separada unos 5 cm de la piel). La v.cefálica, que en lo posible debería persistir intacta, sirve de guía.

V.axilar. La vena basílica, en la parte proximal del borde inferior del m.pectoral mayor, es denominada *v.axilar* (fig. **112**). En ella desemboca, en posición elevada en la axila, la vena satélite radial de la a.humeral, des-

pués que ha cruzado por la parte ventral el plexo braquial y la a.axilar. Además de las venas satélites de las ramas de la a.axilar, la vena axilar recoge las *venas toracoepigástricas* en el tramo axilar distal y la *vena cefálica* en la parte proximal del m.pectoral menor.

Las venas toracoepigástricas anastomosan en la pared abdominal con ramas de la vena epigástrica superficial (fig. **214**). En la vena cefálica, antes de pasar por la fascia clavipectoral (en la fosa de Mohrenheim), desembocan venas cutáneas y satélites de las arterias toracoacromial y torácica superior.

La vena axilar en la cavidad axilar está tan tensada por fascículos de tejido conjuntivo que en los movimientos correspondientes del brazo su luz es dilatada. En heridas abiertas del vaso o de una rama mayor existe el peligro de una embolia gaseosa.

Plexo braquial

En el plexo braquial pueden distinguirse una *parte supraclavicular* (con ramas para el m.romboides, elevador de la escápula, serrato anterior, supraespinoso e infraespinoso) y una *parte infraclavicular*.

La **formación de fascículos de la parte infraclavicular** del plexo braquial (figs. **58** y **88**) tiene lugar en principio como sigue:
Cada uno de los tres *troncos* del plexo (→ tomo 2) se divide (ya por encima de la clavícula) respectivamente en una rama anterior y una posterior (para los flexores o extensores genéticos del brazo).

La división puede ser desplazada en sentido proximal hasta tal punto que la bifurcación de la "rama dorsal" tenga lugar ya en los ramos ventrales de los nervios espinales C_5-D_1, que forman el plexo braquial (es decir, en las "raíces" del plexo). En este caso los troncos constan sólo de ramas ventrales de "raíces" del plexo.

Todos los "**ramos dorsales**" del tronco (o "raíces" del plexo) se fusionan en el *tronco secundario posterior* (C_5-D_1). Los "ramos ventrales" del *tronco primario superior* ($C_{5,6}$) y *tronco primario medio* (C_7) —en caso de precoz división de las "raíces" del plexo, en ramos "dorsales" y "ventrales" del tronco superior y del tronco medio— se agrupan conjuntamente formando el fascículo externo. Los ramos ventrales del *tronco primario inferior* (C_8, D_1) —o en caso de ramificación más precoz el *tronco inferior— forman el tronco secundario interno.*

Ramos cortos de la parte infraclavicular del plexo braquial

También los ramos cortos de la parte infraclavicular del plexo braquial se dividen en ramos ventrales (flexores) y ramos dorsales (extensores) (fig. **58**).

Ramos ventrales para la musculatura del hombro

El **n.pectoral interno** (del fascículo interno o del tronco inferior, C_8, D_1), y el **n.pectoral externo** (procedente del fascículo externo o dos ramos del

tronco superior y medio, C_{5-7}) pasan hacia abajo por delante de la a.axilar, inervan el músculo pectoral menor, pasan por la fascia clavipectoral (un ramo con la vena cefálica) y se ramifican en el m.pectoral mayor.

Ramos dorsales para la musculatura del hombro

El **n.subescapular** (casi siempre 2 ramos procedentes del fascículo posterior; $C_{5, 6, 7}$, después de un trayecto corto va al músculo subescapular. El ramo externo inerva casi siempre el m.redondo mayor.
El **n.toracodorsal** (fig. **88**, procedente del fascículo posterior, C_{6-8}) pasa entre la pared dorsal de la axila y la pared torácica con los vasos del mismo nombre a través del tejido conjuntivo axilar (expuesto en cirugía del hueso axilar) al m.dorsal ancho. En ocasiones conduce también los ramos para el m.redondo mayor.

Ramos largos de la parte infraclavicular del plexo braquial

Del *tronco secundario externo* proceden (fig. **88**):
– el n.musculocutáneo (C_{5-7}), que atraviesa en el tercio medio al m.coracobraquial y pasa seguidamente entre los m.bíceps braquial y m.braquial hacia la parte distal (fig. **89**), inerva todos los flexores del brazo y con su ramo terminal sensitivo, n.cutáneo externo del antebrazo (figs. **93** y **97**), inerva la piel de la parte radial del antebrazo.
– la **raíz externa del n.mediano** ($C_{6, 7}$), rama externa de la bifurcación del mediano, que se enlaza en torno a la parte externa de la arteria axilar en sentido ventral y, con la rama interna procedente del fascículo interno, forma el n.mediano.

A partir del *tronco secundario interno* se originan (fig. **88**):
– el **n.accesorio del braquial cutáneo interno** ($D_{1, 2}$, ocasionalmente 2 nervios), que en la axila (o en el brazo) se fusiona con el n.intercostobraquial; a nivel del pliegue axilar anterior atraviesa la fascia y se ramifica en la piel de la cara interna del brazo (desde la fosa axilar hasta el codo).
– el **n.braquial cutáneo interno** (C_8, D_1) que en el extremo del segmento axilar distal discurre ventralmente entre la a. y la v.axilar e inerva la cara interna del antebrazo (entre codo y articulación de la mano; figs. **89** y **97**).
– el **n.cubital** (C_7-D_1), que al abandonar la cavidad axilar se ha desplazado dorsalmente entre la a. y la v.axilar e inerva los flexores cubitales en el antebrazo y mano, así como la piel en la cara cubital de la mano y de los dedos cubitales.
– la **raíz interna del n.mediano** (C_8, D_1), rama interna de la bifurcación del mediano, que, desde la parte interna, discurre a lo largo de la a. axilar y en la parte ventral de la arteria se fusiona con la raíz externa en el n.mediano.

El **n.mediano** inerva una gran parte de los flexores del antebrazo y de la mano, así como la piel del carpo, de la yema del pulgar, del hueco de la mano y de la parte de flexión de los $3^1/_2$ dedos radiales.

Tabla **6.** Inervación de los músculos de la extremidad superior

	Músculo	Nervio
Cintura escapular		
	M. trapecio	N. accesorio (así como ramos ventrales del 2.º-4.º n. cervicales)
	M. elevador de la escápula	N. dorsal de la escápula
	M. romboideo	N. dorsal de la escápula
	M. serrato anterior	N. torácido largo
	M. subclavio	N. subclavio
Hombro		
	M. supraespinoso	N. supraescapular
	M. infraespinoso	N. supraescapular
	M. redondo menor	N. axilar
	M. deltoides	N. axilar
	M. subescapular	N. subescapular
	M. redondo mayor	N. subescapular (y/o n. toracodorsal)
	M. dorsal ancho	N. toracodorsal
	M. pectoral mayor	Nervios pectorales interno y externo
	M. pectoral menor	N. pectorales interno y externo
Brazo		
	M. coracobraquial	N. musculocutáneo
	M. tríceps braquial	N. radial
	M. anconeo	N. radial
	M. braquial	N. musculocutáneo
	M. bíceps braquial	N. musculocutáneo
Antebrazo		
	Grupo muscular radial	N. radial
	Extensores (i.e.S.)	R. profundo n. radial
	Flexores (exceptuando m. flexor cubital del carpo y parte cubital del m.flexor profundo de los dedos	N. mediano
	M. flexor cubital del carpo y parte cubital del m. flexor profundo de los dedos	N. cubital

	Músculo	Nervio
Mano		
	Mm. lumbricales I y II	N. mediano
	Mm. lumbricales III, IV	N. cubital
	Mm. interóseos palmares y dorsales	N. cubital
	Músculos de la yema del pulgar (exceptuando el m. aductor del pulgar y fascículo profundo del m. flexor corto del pulgar)	N. mediano
	M. aductor del pulgar y fascículo profundo del m. flexor corto del pulgar	N. cubital
	Músculo de las yemas de los dedos	N. cubital

La bifurcación del mediano puede variar notablemente. Puede estar desplazada distalmente en el brazo, poseer ramas dobles internas o externas y en casi un 5 % de los casos puede que no exista. (En este caso todas las fibras nerviosas para los flexores y la piel, en la zona de flexión del brazo en la axila, cursan inicialmente en el fascículo externo. Los troncos nerviosos del fascículo interno no se dividen hasta la salida del n.musculocutáneo y cruzan ventralmente desde la a.axilar hacia dentro.) No es demasiado rara la existencia de ramos de comunicación entre el n.musculocutáneo y el n.mediano.

Del *fascículo posterior* se forman (fig. **88**):
- el **n.axilar** ($C_{5, 6}$), un ramo corto del plexo braquial, que cerca de la cápsula pasa a través de la fosa axilar externa en torno al cuello quirúrgico, emite ramos cutáneos como *n.cutáneo braquial externo superior* a la región lateral del hombro y a la cara dorsal externa del brazo e inerva motóricamente los músculos deltoides y redondo menor.
- el **n.radial** (C_6-D_1) que discurre por la cavidad axilar por el dorso de la a.axilar, llega con la a.braquial profunda a la cara dorsal del húmero y a todos los extensores del brazo, así como con tres ramos cutáneos, el *n.cutáneo braquial externo inferior, n.cutáneo braquial posterior y n.cutáneo antebraquial posterior* (fig. **97**), inerva la piel en la zona de extensión del brazo (sin la región deltoidea) y la mano (exceptuando el borde cubital, el 4.° y 5.° dedo y las falanges terminales del 2.° y 3.° dedo) (fig. **114**).

Debido a las íntimas relaciones de vecindad entre la cabeza del húmero y cuello quirúrgico, el n.axilar y los vasos circunflejos humerales posteriores

que le acompañan están expuestos a sufrir una lesión en fracturas del extremo proximal del húmero, luxaciones de la articulación del hombro y en maniobras de reposición. La sospecha de una lesión traumática del n.axilar puede ser explorada fácilmente mediante un control de la sensibilidad cutánea en la región deltoidea (n.cutáneo braquial externo superior).

La inervación de los músculos de la extremidad superior puede observarse en la tabla **6**.

B. Brazo y región del codo

1. Brazo

a) Ordenación e inervación de la musculatura del brazo

La musculatura del brazo se diferencia en un grupo muscular *ventral* situado en la cara anterior del húmero, *grupo de los flexores*, y otro grupo *dorsal* situado en la cara posterior del húmero, *grupo de los extensores*. Al grupo flexor pertenecen el músculo braquial y el m.bíceps braquial. Ambos son inervados por el n.musculocutáneo. El grupo extensor consta del n.tríceps braquial y del n.anconeo que son inervados por el n.radial. **Fascia braquial.** Flexores y extensores están envueltos por la *fascia braquial* y separados por *tabiques intermusculares braquiales* que en ambos lados están tensados entre el hueso y la fascia y simultáneamente sirven de superficie de inserción muscular. Así se origina un *departamento muscular anterior* y *uno posterior* (fig. **89**).

La fascia braquial está en conexión proximal con la fascia axilar (en la cara flexora) y con la fascia del m.deltoides (en la parte extensora). Hacia la parte distal se continúa en la fascia antebraquial. En el húmero la fascia braquial está directamente fijada a los epicóndilos, indirectamente en el borde interno y externo del húmero por medio de los tabiques intermusculares braquiales internos y externos, que en sentido proximal se extienden hasta la inserción del m.coracobraquial o hasta la tuberosidad deltoidea. En el cúbito la fascia del brazo se une al olécranon.

Grupo de los extensores (músculos dorsales)

En el **m.tríceps braquial** (figs. **85, 87** y **89**) distinguimos un *vasto interno* de situación más profunda, y dos fascículos superficiales, el *vasto externo* y la *cabeza larga.*
El *vasto interno* nace en la parte interna y distal con respecto al surco del n.radial en la cara posterior del húmero y en ambos septos intermusculares (ante todo en el interno). El *vasto externo* que nace en una zona de origen estrecha, en forma de franja, de situación proximal y externa con respecto al surco del n.radial, cubre una gran parte del vasto interno. Sin embargo, en una zona delgada, por encima del epicóndilo externo, el vasto interno también alcanza la superficie externa. La *cabeza larga* (fig. **84**) procede de la tuberosidad infraglenoidea de la escápula y del segmento

limitante del borde externo de la escápula. El músculo se inserta por medio de una placa tendinosa superficial bastante extensa en el olécranon. Los fascículos tendinosos externos penetran en la fascia antebraquial y actúan como aparato extensor de reserva cuando se ha producido un desgarro del olécranon.

El surco del n.radial se completa con las fibras del vasto interno del tríceps, que se originan distalmente en el conducto óseo, y el vasto externo del m.tríceps braquial que discurre a lo largo del surco, y forma el "canal radial", en el que el n.radial y los vasos acompañantes rodean la cara dorsal externa del húmero cerca del hueso.

Inervación: N.radial
Los ramos para los músculos tríceps braquial y anconeo abandonan ya el nervio radial antes de la entrada en el "canal radial".

El **m.anconeo** (fig. **85**) constituye la continuación distal de la porción externa del vasto interno del m.tríceps braquial. Sus fibras se dispersan en forma de abanico a partir del angosto territorio de origen en el epicóndilo externo del húmero, en la cápsula articular y en el lig.colateral radial hacia la cara dorsal en el extremo proximal del cuerpo del cúbito.

Inervación: N.radial

Grupo de los flexores (músculos ventrales)

El **m.bíceps braquial** (figs. **86** y **87**) nace con el *fascículo largo* en la tuberosidad supraglenoidea, con el *fascículo corto* en la apófisis coracoides. El fascículo largo del m.bíceps (únicamente el tendón de origen es largo) pasa por encima de la cabeza del húmero y, encerrado en la vaina sinovial bicipital, por el surco bicipital (figs. **77, 83** y **84**). El tendón terminal de todo el vientre muscular se adhiere a la tuberosidad bicipital del radio (fig. **91**). Una franja tendinosa, *aponeurosis del m.bicipital braquial*, se despega del tendón terminal y penetra en sentido cubital en la fascia del antebrazo.

El m.bíceps braquial está situado en la parte ventral del m.braquial y utiliza a éste como vía deslizante (fig. **89**). Su vientre muscular sobresale tan notablemente en la flexión de la articulación del codo porque se eleva, separándose de la articulación, y porque es impulsado por el m.braquial.

Inervación: N.musculocutáneo

Después de atravesar el m.coracobraquial, el nervio musculocutáneo emite los ramos musculares para ambos fascículos del bíceps, y algo más distancialmente, el ramo para el m.braquial.

El **m.braquial** (fig. **86**) nace en la cara anterior del húmero, distalmente con respecto a la tuberosidad deltoidea (que puede considerarse como inscripción ósea de un fascículo muscular unitario deltoideo-braquial), y se inserta en la tuberosidad del cúbito.

Inervación: N.musculocutáneo. Los fascículos musculares externos reciben (casi) con regularidad fibras nerviosas por medio del n.radial.

Como quiera que el m.braquial está directamente superpuesto al húmero, puede ser fácilmente objeto de lesión cuando una violenta fuerza externa aplasta el músculo contra el hueso, o cuando en una fractura por hiperextensión (supracondílea) (fractura por extensión) del brazo se clavan en el músculo extremos de la fractura. La cicatriz conjuntival que se presenta en la zona del tejido muscular destruido se contrae y puede provocar un acortamiento del m.braquial. Entonces el brazo ya no puede extenderse totalmente en la articulación del codo.

b) Vías vásculo-nerviosas en el brazo

De los dos compartimientos musculares –limitados por la fascia, el tabique y el húmero–, el anterior recoge, además de los flexores del brazo, el cordón vásculo-nervioso del mismo (fig. **88**), que consta del nervio mediano, la arteria humeral y venas satélites, y troncos linfáticos profundos. La vía vásculo-nerviosa lleva desde la axila por el *canal bicipital interno* a la *fosa cubital.* El compartimiento muscular dorsal, por el contrario, está cerrado por la parte distal. Procesos inflamatorios del brazo pueden extenderse desde este compartimiento sin más a través del olécranon hasta el antebrazo. El compartimiento dorsal alberga, junto con los extensores, dos vías vasculo-nerviosas (para el n.radial + vasos profundos humerales, y para el n.cubital + vasos colaterales internos superiores).

Paquete vásculo-nervioso del brazo

La estructura conductora del paquete vásculo-nervioso la constituye, en un tramo proximal corto, el m.coracobraquial, y en el resto el m.bíceps braquial (fig. **89**). A lo largo (y debajo) del borde interno del músculo, *la a.humeral* se dirige a la fosa cubital. La vena satélite externa es más débil que la *vena humeral cubital,* la cual recoge a la vena basílica aproximadamente en la parte media del brazo (fig. **112**). Entre ambas venas satélites existen numerosas comunicaciones horizontales. El *n.mediano,* que en el húmero no emite ningún ramo, se enrolla en línea espiral extendida longitudinalmente desde la cara ventral externa de la arteria (a nivel del pliegue axilar anterior) por la cara ventral (mitad del brazo) a la cara dorsal interna (cerca de la fosa cubital) (fig. **93**). En la envoltura conjuntival del paquete vásculo-nervioso discurren *vías linfáticas profundas* en estrecha vecindad con las venas del brazo, de manera que las inflamaciones de los vasos linfáticos profundos pueden afectar a las paredes de las venas.

En el cordón nervioso vascular pasan además proximalmente:
- El *n.braquial accesorio del interno* (figs. **89** y **93**), que casi siempre penetra en la fascia del brazo con la vena basílica.
- El *n.cubital,* que abandona la a.humeral en el brazo y, a través del septo intermuscular braquial, llega al compartimiento de los extensores (figs. **89** y **93**), y
- el *n.radial,* que por debajo del tendón del m.redondo mayor entra en el canal radial situado entre el vasto externo del tríceps y cuerpo del húmero, y limitado distalmente por el vasto interno del m.tríceps braquial (figs. **89** y **93**).

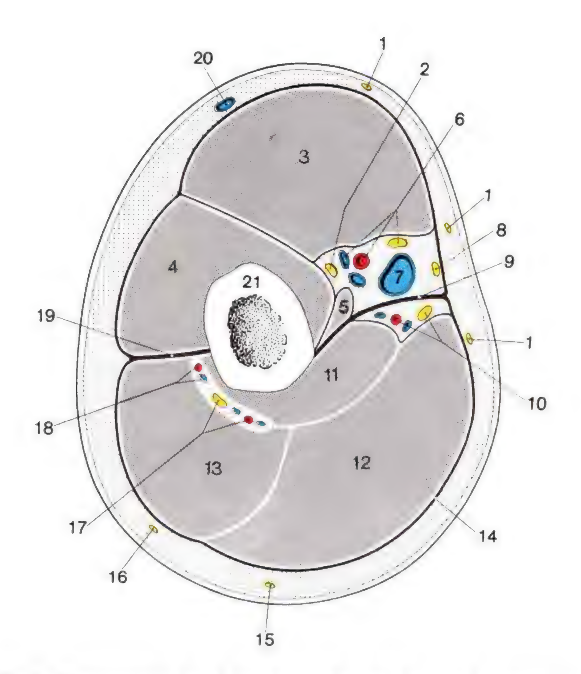


Fig. 89. **Corte transversal en el tercio medio del brazo derecho.** Vista de la superficie de corte desde la parte distal.

1 Ramo del nervio braquial cutáneo interno
2 N.musculocutáneo
3 M.bíceps braquial
4 M.braquial anterior
5 M.coracobraquial
6 N.mediano, a. y vv.humerales
7 V.basílica
8 N.accesorio del braquial cutáneo interno
9 Tabique intermuscular braquial interno
10 N.cubital y a.colateral interna superior con venas satélites
11 Vasto interno } del m.tríceps braquial
12 Porción larga } del m.tríceps braquial
13 Vasto externo } del m.tríceps braquial
14 Fascia braquial
15 N.cutáneo braquial posterior
16 N.cutáneo braquial externo inferior
17 N.radial y a.colateral media con venas satélites
18 A. y v.colateral radial
19 Tabique intermuscular braquial externo
20 V.cefálica
21 Húmero

El n.mediano puede ser objeto de hiperdistensión en una fractura supracondílea por hiperextensión del brazo (caída sobre la mano con el codo extendido, relativamente frecuente en los niños).

A.humeral. Desde el borde inferior del m.pectoral mayor (pliegue axilar anterior) hasta la bifurcación en la fosa cubital, la arteria de la extremidad superior se denomina *arteria braquial.*

Las variantes de la a.humeral y sus ramas no son demasiado raras. Así puede, por ejemplo, persistir una a.humeral superficial. Se ramifica en la cavidad axilar de la propia arteria humeral y cursa por la parte ventral de la horquilla del mediano, en

el brazo ventral con respecto al mediano. Seguidamente la arteria emite casi siempre ramas a la región del hombro y brazo, mientras que la a.humeral superficial se continúa en la a.radial y eventualmente también en la a.cubital. Como variante en el brazo se encuentra ocasionalmente también un *"origen alto"* de la a.radial, más raramente de la a.cubital. Si existe una apófisis supracondílea, la a.humeral con el n.mediano puede pasar por detrás de la eminencia ósea.

La *a.humeral* emite (además de ramas musculares para la musculatura del brazo) (figs. **78** y **88**):

- la *a.humeral profunda,* que nace en el borde inferior del redondo mayor, discurre conjuntamente con el n.radial entre el fascículo largo del tríceps y el húmero (surco del n.radial), emite ramas al músculo deltoides *(r.deltoidea)* y al húmero *(arterias nutricias del húmero),* y se divide (figs. **89** y **93**) en la *a.colateral media* para el vasto interno del tríceps y la *a.colateral radial* para la red articular cubital.
- la *a.colateral interna superior,* que parte —en ocasiones conjuntamente con la humeral profunda— del segmento proximal de la a.humeral, se une al n.cubital (figs. **89** y **93**) y discurre dorsalmente con respecto al tabique intermuscular braquial interno hacia la red arterial cubital, y
- la *arteria colateral interna inferior* (fig. **93**), que, cerca del codo, abandona la a.humeral, sigue un curso muy serpentuoso por el m.braquial en sentido cubital, a través de una rama anterior se anastomosa con la rama anterior de la a.recurrente cubital, y llega a la red articular del cúbito con una rama dorsal a través del tabique interno.

La a.humeral puede ser ligada sin gran peligro distalmente respecto a la salida de la a.humeral profunda, puesto que puede formar una circulación colateral suficiente a través de la red articular del cúbito.
El pulso de la a.humeral se puede palpar a lo largo de una línea que une el borde interno de la eminencia del músculo coracobraquial con el centro del codo (con el antebrazo en supinación). La estructura guía para la localización quirúrgica de la arteria es el borde cubital del bíceps.

N.radial y vasos braquiales profundos

El *n.radial,* la *a.humeral profunda* (fig. **88**) y sus *venas satélites* circulan en el surco del n.radial directamente adyacentes al hueso —desde dorsal en torno al tercio medio del cuerpo del húmero—. La vía vásculo-nerviosa comienza proximal encima del tabique intermuscular interno y discurre —a lo largo del borde proximal de la superficie de origen del vasto interno del tríceps— entre el fascículo largo y el cuerpo del húmero, trazando una semiespiral descendente hasta el tabique intermuscular braquial externo. El n.radial y un ramo ventral de la a.colateral radial (rama terminal de la a.braquial profunda) pasan en la región del codo, entre el m.braquial y el supinador largo, a través del tabique desde el compartimiento extensor al flexor (fig. **93**).

La **a.humeral profunda** (figs. **88, 89** y **93**) emite aproximadamente en el centro del "canal radial" la a.colateral media que se ramifica en el vasto interno del m.tríceps braquial y que se une a la red articular del cúbito. La rama principal de la *a.colate-*

ral radial (figs. **89** y **93**), que con el n.radial atraviesa el tabique intermuscular externo, se anastomosa con la arteria radial recurrente; el ramo dorsal se dirige a la red articular cubital.

El **n.radial** emite, antes de su entrada en el "canal radial", el *n.cutáneo braquial externo inferior* para la piel en la cara dorsal externa del brazo, y emite ramos musculares a los tres fascículos del tríceps y al m.anconeo. En el "canal radial" abandonan el paquete vásculo-nervioso el n.cutáneo-braquial posterior, que inerva la piel de la mitad distal de la cara dorsal del brazo, y el n.cutáneo antebraquial posterior que inerva la piel en la región del codo y en la cara dorsal del antebrazo.

Ambos nervios cutáneos pasan entre el vasto externo del tríceps y el m.braquial a la fascia braquial, la cual es atravesada por el n.cutáneo posterior en el comienzo del tercio distal del brazo, y por el n.cutáneo antebraquial posterior en el extremo distal del surco humeral externo.

Debido a su trayecto cercano al hueso, el n.radial puede lesionarse fácilmente en caso de presión persistente desde el exterior (brazo colgante sobre un borde agudo). Relativamente frecuente es la parálisis del radial en fracturas diafisarias de húmero por distensión o aplastamiento del nervio en el instante de la fractura, o por tracción cicatricial o formación excesiva de callo. A causa de la salida alta de los ramos para el m.tríceps braquial, en una parálisis así originada este músculo (la mayoría de las veces) no queda afectado.

N.cubital y vasos colaterales internos superiores

Al *n.cubital,* que discurre por la parte dorsal interna de la a.humeral, se superpone la a.colateral interna superior (figs. **88** y **93**) con sus venas satélites y llega con el nervio a través del tabique intermuscular braquial interno desde el compartimiento al flexor extensor (fig. **89**). La vía vásculo-nerviosa discurre por el vasto interno del m.tríceps braquial.
El *n.cubital,* que en el brazo no emite ramo alguno, va por el surco del n.cubital a la región de la articulación del codo (fig. **93**).

La **a.colateral interna superior** emite ramos musculares para el m.braquial y fascículo interno del tríceps, antes de que se una a la red articular cubital.

Mientras que el n.cubital en la región del brazo puede desplazarse, en caso de golpe o presión, por detrás del epicóndilo interno del húmero se encuentra en el surco del n.cubital, inmediatamente junto al hueso, y en esta localización puede ser lesionado. El nervio está expuesto especialmente en las fracturas del extremo distal del húmero, en particular del epicóndilo interno. En caso de recibir un trauma en dirección adecuada, el n.cubital puede luxarse también en el surco óseo.

2. Articulación del codo

a) Elementos esqueléticos del antebrazo

En la articulación del codo se articulan el húmero y los dos huesos del antebrazo.
El *cúbito* o *ulna,* es más fuerte en la parte proximal y es el guía en la articulación de los huesos del antebrazo con el húmero. El *radio* es más ancho en la parte distal y se articula con los huesos del carpo. El radio y el cúbito están unidos por una *membrana interósea antebraquial* (figs. **90** y **97**). El radio (en el lado del dedo pulgar) y el cúbito (en el lado del dedo meñique) en situación normal (la palma de la mano mira hacia la parte ventral) están paralelos; posición de *supinación.* Ambos huesos pueden cruzarse en los movimientos de giro de la mano, con lo cual el radio pasa a situarse encima (delante) del cúbito: posición de *pronación* (fig. **98**).

El eje del cuerpo del húmero y eje longitudinal del codo forman un ángulo obtuso abierto hacia fuera, de unos 170° (amplitud de oscilación media 164-174°) (fig. **111a**). En la mujer esta posición fisiológica de abducción del antebrazo es más acentuada, el ángulo en 1-2° menor. El eje de la articulación del codo divide en general el ángulo de abducción, de manera que en la flexión del cúbito se cubre con el húmero.

El **radio** (fig. **90**) es un hueso delgado, cuyo extremo distal *cabeza del radio,* es más ancho y fuerte que el fragmento proximal. La cara proximal de la cabeza forma una fosa plana revestida de cartílago, la "fovea capitis", que se articula con la cabeza del húmero. En torno a la cabeza del radio existe una superficie articular estrecha igualmente cartilaginosa en forma de cinta, la circunferencia articular del radio, que en los movimientos de pro- y supinación gira contra la escotadura sigmoidea menor del cúbito y el lig.anular del radio. La cabeza del radio está en conexión con el segmento medio del radio, el *cuerpo del radio,* mediante el cuello del radio, más estrecho, que está levemente doblado hacia la parte dorsal externa con respecto al cuerpo del radio. En corte transversal el cuerpo del radio es triangular. En su extremo proximal sobresale hacia dentro la tuberosidad bicipital del radio, en la que se inserta el tendón del m.biceps braquial.

La aguda *cresta interósea* del radio está girada hacia el cúbito, la cresta anterior y la posterior son algo más redondeadas. La *cara anterior* (con el antebrazo en supinación) mira hacia la parte ventral interna, la *cara posterior* hacia la dorsal interna. La *cara externa* está limitada por la cresta anterior y la posterior.

El extremo distal ancho y fuerte del radio (fig. **99**) lleva la faceta articular carpiana de revestimiento cartilaginoso que se articula con el hueso escafoides y el hueso semilunar del carpo. En la cara interna está excavada la escotadura sigmoidea del radio, que se mueve en la circunferencia articular del cúbito. Externamente, el extremo distal del radio se apoya en la apófisis estiloide del radio.

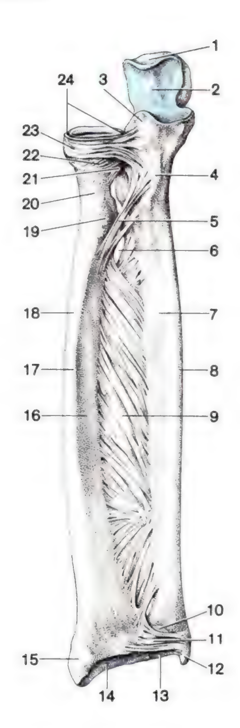


Fig. 90. **Elementos esqueléticos del antebrazo y membrana interósea antebraquial.** Vista ventral.

1 Olécranon
2 Cavidad sigmoidea mayor
3 Apófisis coronoides
4 Tuberosidad cubital
5 Ligamento de Weitbrecht
6 Lugar de paso para los vasos interóseos posteriores
7 Cara anterior del cúbito
8 Cresta anterior del cúbito
9 Membrana interósea antebraquial
10 Circunferencia articular del cúbito
11 Ligamentos de refuerzo de la cápsula de la articulación radiocubital distal
12 Apófisis estiloides del cúbito
13 Ligamento triangular
14 Cara articular carpiana
15 Apófisis estiloides del radio
16 Cara anterior del radio
17 Cresta anterior del radio
18 Cara externa del radio
19 Tuberosidad bicipital
20 Cuello del radio
21 Ligamento cuadrado
22 Receso sacciforme
23 Lig.anular del radio
24 Cabeza del radio

La superficie palmar del extremo terminal distal es lisa, en la cara posterior existen surcos en los que se deslizan los tendones de los músculos extensores de la mano y de los dedos.

El **cúbito** (fig. **90**) es –al contrario del radio– mucho más fuerte en la parte proximal que en la distal. Su segmento terminal proximal, cuyo diáme-

tro transversal supera notablemente el espesor de la cabeza del radio, abraza a modo de tenaza la tróclea humeral. La prolongación ósea dorsal, el *olécranon,* yace inmediatamente debajo de la piel. A él se adhiere el tendón del m.tríceps braquial. El apéndice anterior de la tenaza, la *apófisis coronoides,* es más débil. Entre ella y el olécranon se recorta la cavidad sigmoidea mayor que alberga la tróclea humeral. La superficie articular cartilaginosa de la cavidad sigmoidea mayor se continúa en el borde externo con la cavidad sigmoidea menor del cúbito, igualmente revestida de cartílago, con la que se articula la circunferencia articular del radio. Inmediatamente distal con respecto a la apófisis coronoides hay una superficie ósea rugosa, la *tuberosidad cubital,* en la que se inserta el tendón del m.braquial.

En la diáfisis triangular del cúbito, el *cuerpo del cúbito,* la aguda cresta interósea separa una cara anterior y otra posterior. La cresta anterior y la posterior limitan la cara interna. Distalmente a la cavidad sigmoidea menor existe en la cara posterior una cresta ósea, la *cresta del m.supinador,* más o menos sobresaliente, en la que el m.supinador tiene su inserción de origen.

Distalmente, el cúbito termina en la frágil cabeza del cúbito. Su superficie terminal, revestida de cartílago, ligeramente convexa, que mediante un disco articular es separada de la línea proximal de los huesos del carpo, se continúa externamente en la *circunferencia articular del cúbito* (fig. **99**). Esta superficie articular corresponde a la circunferencia articular del radio en el extremo proximal de este hueso y se articula con la cavidad sigmoidea del radio. Por dentro, la apófisis estiloides sobrepasa el extremo distal de la cabeza cubital.

En general, la apófisis estiloides del radio (en los adultos alrededor de 8-10 mm) llega distalmente más lejos que la apófisis estiloides del cúbito (fig. **90**). Si después de un accidente ambas apófisis estiloides se encuentran a la misma altura, debe pensarse en una fractura con desviación del radio. No obstante, también el cúbito puede ser exactamente tan largo como el radio o más largo.

La *imagen radiológica* de las líneas epifisarias distales del radio y cúbito es utilizada frecuentemente para enjuiciar la existencia de trastornos del crecimiento (raquitismo) o intoxicación por plomo.

La **osificación** en la zona del eje comienza en el radio en la 7.ª semana embrionaria, en el cúbito sólo pocos días después (fig. **79**). El núcleo de osificación de la epífisis distal aparece en ambos huesos del antebrazo más precozmente que en la proximal (epífisis distal del radio 1-2.º años de vida, cabeza del radio 5-7 años; cabeza del cúbito 5-7 años, olécranon 1-2, núcleos a los 8-12 años (el extremo proximal del cúbito con la escotadura troclear se osifica en mayor parte a partir de la diáfisis). Las líneas epifisarias cartilaginosas proximales se cierran antes en el radio (14-20 años) y cúbito (13-17 años) que las líneas de crecimiento distales (20-25 años).

b) Cápsula y aparato ligamentoso de la articulación del codo

La **articulación del codo** es compleja. Se articulan el húmero con los dos huesos del antebrazo en la *articulación humerocubital* y *articulación humerorradial,* y los segmentos terminales del radio y el cúbito recíprocamente en la *articulación radiocubital proximal.* Las tres articulaciones parciales poseen una cavidad articular común que es rodeada por una sola cápsula.
La *articulación humerocubital* es una articulación tróclea. La tróclea humeral se articula con la cavidad sigmoidea mayor del cúbito. Para ello existe una guía conductora a modo de cresta, que desliza el cúbito en la cavidad sigmoidea mayor.

El acodamiento del surco de conducción fuera del plano de movimiento es tan mínimo, que la desviación determinada por tal causa en el movimiento de flexión y extensión por un movimiento en charnela carece prácticamente de importancia. La realización del movimiento —como en todas las articulaciones del hombre— no es totalmente rígida. El contacto de las caras articulares es máximo en la flexión leve.

En la *articulación humerorradial* la cabeza del húmero se articula con la depresión en forma de plato de la cabeza del radio ("fovea capitis" o cúpula radial). Por la forma de las caras articulares, la articulación es una enartrosis. El radio, no obstante, está fijado al cúbito por la membrana interósea y los ligamentos de la articulación radiocubital, de manera que se pierde un grado de movilidad libre, y únicamente son posibles movimientos flexores y extensores, así como movimientos de pronación y supinación.
En la *articulación radiocubital proximal* la circunferencia articular del radio gira en el anillo formado por la cavidad sigmoidea menor del cúbito y el lig.anular (fig. **90**). La articulación es una diartrosis en trocus.

En el giro, el borde proximal oblicuizado de la circunferencia se desliza por una varilla, que lleva la tróclea junto a la cabeza del húmero y que tanto en la pronación como en la supinación, como también en el movimiento de flexión y extensión, sirve como guía del movimiento.

La *cápsula* de la articulación del codo se adhiere al húmero en la cara ventral proximal de la fosa radial y fosa coronoides y distalmente con respecto a los epicóndilos se extiende por la cara dorsal, donde encierra la fosa olecraniana. En el radio la cápsula llega hasta el cuello del radio. Esta parte capsular es ensanchada y constituye el receso sacciforme (figs. **90** y **91**) y puede sufrir una torsión, de manera que no se impide el giro de la cabeza del radio. En el cúbito, la cápsula se adhiere en el límite óseo-cartilaginoso; únicamente en el olécranon y en la apófisis coronoides está a cierta distancia de dicho límite, fijada al hueso.

Las paredes anterior y posterior de la cápsula son relativamente delgadas. En la cabeza del húmero, la fosa coronoidea, y ante todo la fosa olecraniana son, al-

mohadilladas por pliegues grasos deformables que en los movimientos de la articulación del codo rellenan los espacios liberados por las eminencias óseas. La pared anterior es plegada en la flexión, la posterior en la extensión. Las fibras tendinosas del m.braquial o del tríceps, que inciden la cápsula, impiden un posible enclavamiento.

Ligamentos. En las partes laterales de la cápsula están entretejidos ligamentos colaterales que evitan una abducción en la articulación del codo.

El *ligamento colateral cubital* (fig. **91**) forma una placa triangular. Sus fibras se originan delante y detrás del eje giratorio en el epicóndilo interno del húmero y van en fascículos al borde interno de la cavidad sigmoidea mayor. Con ello, una parte de los haces fibrosos está tensada en cada posición de la articulación. Los haces transversos ("parte transversa") agrupan el segmento ligamentoso cercano a la inserción proximal con respecto a la cavidad sigmoidea mayor.
El *lig.colateral radial* (fig. **91**), procedente del epicóndilo externo, penetra en el anillo ligamentoso del radio donde sus fibras discurren en torno a la cabeza del radio hacia el borde anterior y posterior de la cavidad sigmoidea menor del cúbito. No limita por tanto el movimiento de giro del radio, pero sí la abducción del antebrazo en sentido interno.
El *lig.anular del radio* (fig. **90**) está totalmente incluido en la pared capsular. Conjuntamente con la cavidad sigmoidea menor del cúbito con revestimiento cartilaginoso se forma un anillo osteofibroso que abraza la circunferencia articular del radio. La cabeza del radio puede girarse libremente en el anillo con la pronación y supinación, pero simultáneamente (en el adulto) está encerrado tan fijamente que sólo con una acción externa muy violenta puede salir del mismo.

En el niño el lig.anular es más débil y ancho. La cabeza del radio puede desprenderse o sufrir una luxación o subluxación por un movimiento de retroceso brusco o la tracción prolongada de la mano de un niño que tira hacia adelante. (Subluxación = luxación parcial o incompleta.)

Se da el nombre de *ligamento cuadrado* (figs. **90** y **91**) a fascículos fibrosos que se unen distalmente al ligamento anular y van de la cavidad sigmoidea menor del cúbito al cuello del radio.
La *inervación* de la cápsula articular tiene lugar por ramos del n.musculocutáneo (ventral), del n.mediano (ventral e internamente), del n.cubital (interna y dorsalmente) y del n.radial (dorsal, externa y ventralmente).

La *posición de relajación* de la articulación en exudados consiste en una leve flexión del antebrazo. Una posición de reposo persistente debe realizarse con la articulación del codo flexionada en ángulo recto y posición media de la articulación radiocubital, ya que esta posición articular es la mejor desde el punto de vista funcional, considerando la tendencia a la rigidez a la que tiende la articulación del codo en una inmovilización prolongada.

En *fracturas* en la zona de los cóndilos humerales, de las fosas supracondíleas, de la cabeza del radio y del segmento proximal del cuello del radio, de la

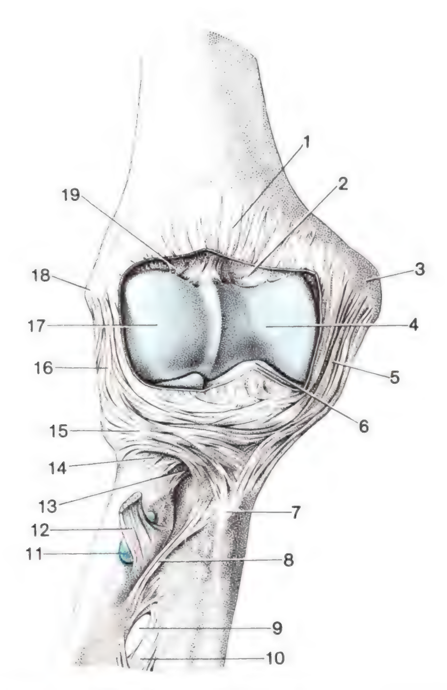


Fig. 91. **Articulación del codo derecho.** Vista ventral.

1 Cápsula articular (abierta por la parte ventral)
2 Fosa coronoidea
3 Epitróclea
4 Tróclea humeral
5 Lig.lateral interno
6 Apófisis coronoides del cúbito
7 Tuberosidad cubital
8 Lig. de Weitbrecht
9 Lugar de paso para los vasos interóseos posteriores
10 Membrana interósea antebraquial
11 Bolsa bicipitorradial
12 Tendón de inserción del m.bíceps braquial
13 Lig.cuadrado
14 Receso sacciforme
15 Lig.anular del radio
16 Lig.lateral externo
17 Cóndilo humeral
18 Epicóndilo
19 Fosa radial

apófisis coronoides del cúbito y del olécranon (prescindiendo del borde dorsal del codo), así como desprendimientos de las epífisis cercanas a la articulación, siempre es afectada también la articulación del codo. En fracturas epicondíleas del húmero, la línea de fractura puede ser extracapsular.

Las *luxaciones* afectan casi siempre a la articulación humerocubital y (ante todo en mujeres y en los adolescentes, que pueden hiperextender frecuentemente la articulación del codo), a pesar de la notable guía ósea de la articulación, son bastante frecuentes. En una caída sobre el brazo extendido se incrusta el vértice del olécranon en la fosa olecraniana y puede proyectar la

cavidad sigmoidea mayor por encima de la tróclea humeral, con lo que se desgarra la pared capsular anterior.

Dado que el epicóndilo humeral, la epitróclea, y el olécranon son palpables a través de la piel, puede explorarse fácilmente si en la articulación del codo existen normales relaciones de posición (fig. **92**). En la inspección dorsal, en posición de extensión las dos apófisis humerales y el punto óseo palpable en el olécranon se encuentran en línea recta.
En la flexión en ángulo recto los tres puntos óseos limitan un triángulo equilátero, el triángulo del codo.

En la inspección lateral se puede observar que, con la articulación flexionada en ángulo recto, el triángulo del codo está en el plano del eje de la diáfisis humeral, del cual se escapa en sentido ventral en caso de flexión en ángulo agudo, y en sentido dorsal con una extensión progresiva.

Posibilidades de movimiento en la articulación del codo son:
– *Flexión* y *extensión* en la articulación humerocubital y humerorradial en torno a un eje *horizontal* (por debajo del epicóndilo y de la epitróclea por medio de la cabeza y tróclea humeral) con lo que el movimiento es realizado exclusivamente en la articulación humerocubital.
– *Pronación* y *supinación* en la articulación radiocubital proximal (y distal) en torno a un eje *oblicuo* que desde el centro de la cabeza del radio discurre por el cuello del radio y la membrana interósea hacia la cabeza del cúbito, cerca de la base de la apófisis estiloides (fig. **98**).

En el movimiento de *flexión* y *extensión* la amplitud de movimiento es en total 120-140° (flexión máxima hasta 40°, extensión máxima hasta un ángulo brazo-antebrazo de 175° y más; ante todo en mujeres y niños no es rara una hiperextensión).

La limitación de la flexión es una limitación de partes blandas. Sólo en caso de flexión máxima incide la apófisis coronoides en la fosa coronoidea. La limitación de

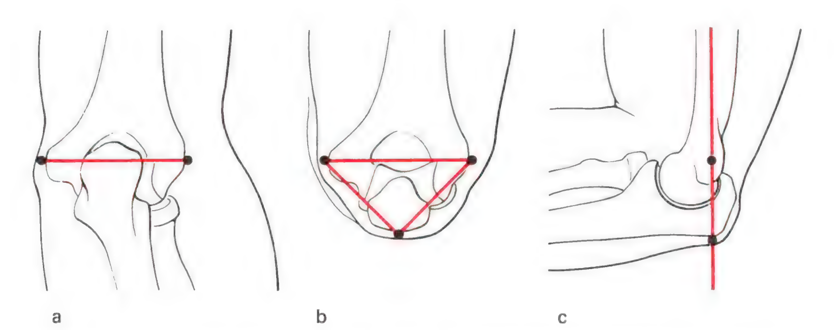


Fig. 92. **Relación de posición de las apófisis humerales distales con respecto al olécranon** en extensión (a) y en flexión (b, c) del antebrazo.

la extensión tiene lugar inicialmente por la resistencia de los músculos flexores distendidos y de los (fascículos anteriores de los) ligamentos laterales tensados en posición extrema; sin embargo, no demasiado raramente el olécranon se apoya con fuerza en la fosa olecraniana.

En la *pro-* y *supinación* (= movimientos de giro de la mano) la amplitud de movimiento es igualmente de 120°-140°. En general, el radio (y con él la mano) es girado en torno al cúbito. No obstante, con la mano fija también el cúbito puede girar en torno al radio cuando el brazo, o todo el cuerpo (p. ej. en aparatos gimnásticos), acompaña correspondientemente a este movimiento.

El eje de giro de estos movimientos con el brazo extendido se puede prolongar al punto medio de curvatura de la cabeza del húmero, y con la mano extendida se puede prolongar hasta el dedo anular. Por consiguiente, los movimientos de pro- y supinación del antebrazo y rotación interna o externa del húmero tienen lugar (en caso de que la articulación del codo esté extendida) en torno al mismo eje (que al mismo tiempo corresponde a la línea de gravedad del brazo colgante) y se complementan hasta una amplitud total de movimiento de unos 230°. Mediante movimientos adicionales del cinturón escapular y del tronco puede conseguirse un completo movimiento de giro de la mano (360°).

Pro- y supinación del antebrazo son frenadas ante todo por la tensión de los supinadores o pronadores distendidos (limitación muscular). Además, en la pronación extrema inhiben las partes blandas existentes entre los huesos del antebrazo cruzados (flexores profundos del antebrazo, limitación por partes blandas).

Las *bolsas sinoviales* en la vecindad de la articulación del codo no están en conexión con la cavidad articular. La *bolsa bicipitorradial* (fig. **91**) se encuentra entre el tendón del bíceps y la tuberosidad del radio. La *bolsa subcutánea del olécranon,* entre el olécranon y la piel, existe con bastante regularidad, y en caso de irritación prolongada (mineros) sufre una inflamación crónica. Entre el tendón del tríceps y la cápsula articular puede existir una *bolsa subtendinosa del m.tríceps braquial*; por dentro de los haces de fibras del tendón del tríceps puede también existir una *bolsa intratendinosa olecraniana.*

A veces, entre el epicóndilo o la epitróclea y la piel yace una bolsa sinovial subcutánea. En aproximadamente el 20 % de los casos, entre el extremo del tendón del bíceps, el tendón del m.braquial y el cúbito se encuentra una *bolsa cubital interósea* que puede extenderse hasta el ligamento de Weitbrecht.

c) Acción de los músculos y grupos musculares sobre la articulación del codo

En la articulación del codo

- *flexionan* todos los músculos que pasan *ventralmente* con respecto al eje frontal (por la cabeza del húmero y tróclea).
- *extienden* todos los músculos que pasan *dorsalmente* con respecto al eje.

Los *flexores principales* son el m.bíceps braquial y el braquial.

Los músculos supinador largo, pronador redondo y —a partir de una posición de flexión— los m.radiales externos ejercen una función de apoyo.

El *m.braquial* es un flexor puro. El *m.bíceps braquial* intenta siempre realizar primero una supinación. Su momento de giro como flexor disminuye en la pronación (la tracción de suspensión es más efectiva desde abajo), mientras que aumenta para el m.supinador largo y el pronador redondo. La posibilidad de trabajo de todos los flexores asciende hasta algo por encima de la flexión en ángulo recto y disminuye con la progresiva flexión en ángulo agudo.

La participación del m.palmar mayor y palmar menor, así como de los m.radiales externos, es indispensable para la flexión del codo.

El *principal extensor* es el m.tríceps braquial, ante todo con sus dos fascículos que parten del húmero.

La potencia de trabajo del *m.anconeo* en comparación con el tríceps braquial, en la extensión, alcanza solamente una décima parte. Actúa como *tensor de la cápsula* y evita que porciones de la cápsula articular sufran pinzamientos durante la extensión.

Sin tener en consideración la fuerza de gravedad, que sustituye la acción de los extensores con el brazo colgando o (en caso de extensión contra resistencia) complementa aquélla, la capacidad de trabajo de los extensores es algo menor que la de todos los flexores de la articulación del codo (unos 2/3). Los dos flexores principales, m.bíceps braquial y m.braquial, tienen juntos aproximadamente la misma posibilidad de trabajo que los extensores.

Parálisis. En una sección del n.musculocutáneo se produce una parálisis del *m.bíceps braquial* y del *m.braquial*. En el caso de que no exista una doble inervación del m.braquial (más raramente del m.bíceps braquial) a través del n.radial, la posibilidad de trabajo de los flexores queda reducida casi siempre a un tercio. Si existe una inervación colateral de los flexores del brazo a través del n.radial, entonces es posible que no se perciba una lesión del n.musculocutáneo.
En una parálisis del *m.tríceps* y *anconeo* (lesión del n.radial antes de la entrada en el canal radial), la extensión de la articulación del codo es sólo posible con ayuda de la fuerza de gravedad (y/o la fuerza centrífuga), con la posición o movimiento correspondiente del brazo.

En las articulaciones radiocubitales
- son *pronadores* todos los músculos que cruzan el eje de giro por la parte *ventral* (a través de la cabeza del radio y cabeza del cúbito),
- son *supinadores* todos los músculos que pasan por la parte *dorsal* con respecto al mismo eje.

Dado que todos los músculos para los movimientos de giro de la mano —a excepción del m.bíceps braquial— pertenecen a los músculos del antebrazo, su acción

sobre las articulaciones radiocubitales no será comentada hasta más adelante (pág 266 y ss.).

3. Fosa del codo

La **fosa del codo** es un espacio conjuntival en forma de Y en la parte de flexión de la región del codo. En la parte dorsal se encuentra la articulación del codo. La *delimitación* muscular de la fosa tiene lugar desde la parte proximal por el m.bíceps braquial que se abomba en el centro entre los dos surcos del brazo en el m.braquial. Con su tendón de inserción pasa a la profundidad de la fosa, a la tuberosidad del radio, por fuera y muy cerca de la inserción del m.braquial en la tuberosidad cubital. (Con el codo en flexión sobresale el tendón del bíceps por delante y se puede palpar fácilmente a través de la piel). La delimitación lateral del espacio conjuntival corre a cargo (por la parte cubital) de los flexores superficiales del antebrazo, que salen de la epitróclea, y externamente los músculos del grupo radial que tienen su origen en el borde externo del húmero y en el epicóndilo. En la zona distal limitan a la fosa, por dentro el m.pronador redondo y por fuera el m.supinador. El cierre de la fosa cubital con respecto al subcutis se realiza por la fascia braquial o antebraquial, que internamente es reforzada por la aponeurosis del m.bicipital.

Con el codo en extensión, la fascia se tensa y abomba hacia adelante la vena cutánea de curso epifascial, v. mediana cubital. La aponeurosis del m.bicipital está igualmente tensada y protege en la extracción de sangre y en las inyecciones intravenosas la a.humeral que pasa por la fosa cubital.

Según la constitución del tejido adiposo subcutáneo, la piel delgada, carente de vello, se hunde en la fosa cubital. Este segmento anterior de la región de la articulación del codo se denomina *región cubital anterior*. (Por algunos autores es utilizada esta denominación como sinónimo de fosa cubital.)

El surco cutáneo transversal que se presenta en la flexión se encuentra casi siempre 1-2 cm proximal con respecto a la articulación del codo.

Vasos y nervios en la fosa cubital

En la fosa cubital los vasos y nervios se disponen ordenadamente.

A.humeral y n.mediano

El *cordón vásculo-nervioso* se dirige desde el surco interno del brazo a la fosa cubital; la *a.humeral* con sus *venas satélites* —a lo largo del tendón profundo del bíceps— se orienta más acentuadamente hacia el centro, mientras que el *n.mediano* queda más en sentido cubital y a través del ojal entre cabeza humeral y cubital del m.pronador redondo entra en la vía intermedia del antebrazo (fig. **93**). La a.humeral se ramifica debajo de la aponeurosis del m.bicipital, algo distal a la hendidura articular, en la *a.radial* y la *a.cubital*.

La a.humeral no puede, en una flexión de la articulación del codo, despegarse del m.braquial. Es comprimida en la flexión máxima (posibilidad para la hemostasia transitoria, peligro de isquemia en caso de duración prolongada). También mediante una extensión máxima (ante todo hiperextensión) la arteria puede ser pinzada, de manera que desaparece el pulso radial.

La **a.radial** (fig. **93**) discurre superficialmente hacia el tendón de inserción del m.pronador redondo en la vía radial (entre el m.supinador largo y palmar mayor). Irriga el grupo muscular radial del antebrazo, los flexores de situación radial, el dorso de la mano, la yema de los dedos y, a través del profundo arco del hueco de la mano, la región metacarpiana y los dedos.

La *a.radial* emite (además de ramos musculares) en la fosa cubital la *a.recurrente radial* (fig. **93**), que pasa por dentro del n.radial entre el m.braquial y el m.supinador largo siguiendo su curso proximal, irriga los músculos vecinos, anastomosa con la a.colateral radial y emite numerosos pequeños ramos a través del septo intermuscular braquial radial hacia la red articular cubital.

La **a.cubital** (fig. **93**) entrecruza el m.pronador redondo y llega a la vía cubital en el m.flexor profundo de los dedos (a lo largo del borde radial del m.flexor cubital del carpo). Irriga la parte cubital de los flexores superficiales, a través de la *a.interósea anterior,* los flexores profundos, y a través de la *a.interósea posterior* los músculos extensores del antebrazo; además, el pulpejo del dedo meñique y —a través del arco de la cavidad de la mano— el metacarpo y los dedos.

La *a.cubital* emite (además de ramos musculares) en la fosa cubital la *a.recurrente cubital* y la *a.interósea común* (aproximadamente 4-5 cm distalmente de la hendidura articular (fig. **93**).

La *a.recurrente cubital* pasa entre el m.pronador redondo y el m.braquial en dirección cubital y proximal. Después de un corto trayecto se divide en

- el *ramo anterior*, que pasa por delante de la epitróclea del húmero y anastomosa con la a.colateral interna inferior, así como en
- el *ramo posterior*, que pasa por detrás de la epitróclea, retrocede acompañando el n.cubital en el surco del n.cubital, emite ramos para los músculos vecinos, y anastomosa con la a.colateral interna superior.

La *a.interósea común* abandona la a.cubital en el borde superior del m.pronador redondo y se divide inmediatamente después de su origen en

- la *a.interósea anterior*, que discurre por la senda interósea palmar en la membrana interósea en sentido distal, irriga los flexores profundos y con la "red palmar del carpo" está en conexión, también por medio de un ramo dorsal, con la red dorsal del carpo,
- la *a.interósea posterior*, que conjuntamente con el ramo profundo del n.radial discurre por la vía vásculo-nerviosa dorsal del antebrazo, emite numerosos ramos musculares para los extensores superficiales y profundos en el antebrazo, y con su ramo terminal alcanza la red dorsal del carpo.

Inmediatamente después de su paso a través de la membrana interósea, la a.interósea posterior emite la *a.interósea recurrente*, que por debajo del m.anconeo retrocede alcanzando la red articular cubital (fig. **93**).
La a.interósea común da además una frágil *a.mediana* al n.mediano, a la musculatura y a los dos huesos del antebrazo (fig. **93**). La a.mediana liberó en la ontogénesis la a.interósea como aorta del antebrazo. En su lugar han aparecido en estado definitivo las a.radial y cubital.

Red articular del codo. En la articulación del codo existen numerosas anastomosis entre ramos descendentes de la a.braquial y ramos de retroceso procedentes de la a.radial, cubital e interósea posterior. La extensa red arterial, la *red articular del codo*, que está formada ante todo en la

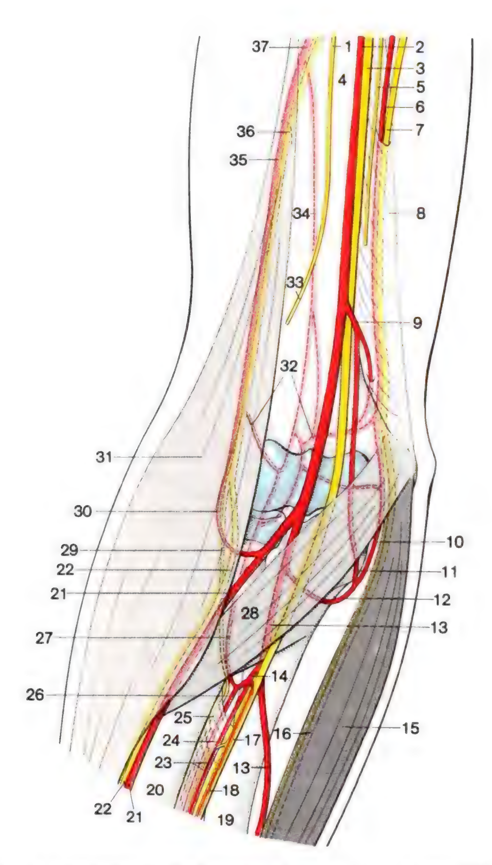


Fig. 93. **Arterias y nervios en la región del codo.** Vista desde la parte palmar.

parte dorsal de la articulación, es alimentada por estos vasos (fig. **93**). A través de estas anastomosis capaces de dilatarse, fácilmente puede establecerse una circulación colateral suficiente, de manera que en una ligadura de la a.humeral distalmente de la salida de la a.humeral profunda, está asegurada la irrigación de brazo y mano.

La *red articular cubital* recibe afluentes de

ramos descendentes
de las arterias del brazo:
A.colateral radial
A.colateral media
A.colateral interna superior
A.colateral interna inferior

ramos recurrentes
de las arterias del antebrazo:
A.recurrente radial
A.recurrente cubital
A.interósea recurrente

Vv.humerales. Las venas profundas acompañan la a.humeral y sus ramas. En la zona de flexión del codo, entre las venas epifasciales y las profundas, existe una comunicación por medio de una (o varias) "v.mediana cubital profunda" carente de válvulas.

Vasos linfáticos profundos, que desvían la linfa de las capas profundas del antebrazo, acompañan los vasos braquiales y sus ramas. En ocasiones, en la fosa cubital están incluidos en las vías linfáticas profundas algunos nódulos linfáticos cubitales profundos.

El **n.mediano** emite aún en la fosa del codo ramos musculares para los flexores superficiales (a excepción del m.flexor cubital del carpo).

N.radial y vasos satélites

El **n.radial** y la rama ventral de la *a.colateral radial* (incluidas venas satélites) salen de la profundidad del surco bicipital externo y penetran en la fosa cubital (fig. **93**). El **n.cutáneo antebraquial externo,** que en el brazo discurre entre los m.bíceps braquial y m.braquial, pasa en el extremo dis-

◄ 1 N.musculocutáneo
2 A.braquial } en el paquete
3 N.mediano } vásculo-nervioso del brazo
4 Húmero
5 N.accesorio del braquial cutáneo interno
6 A.colateral interna superior
7 N.cubital
8 Tabique intermuscular braquial interno
9 A.colateral interna inferior
10 Ramo posterior de la a.recurrente cubital
11 R.anterior de la a.recurrente cubital
12 A.recurrente cubital
13 A.cubital
14 A.interósea común
15 M.cubital anterior
16 N.cubital en el conducto cubital
17 N.mediano } en el espacio interóseo
18 A.mediana } del antebrazo
19 Cúbito
20 Radio
21 A.radial
22 R.superficial del n.radial
23 A.interósea anterior, N.interóseo (antebraquial) anterior
24 Membrana interósea antebraquial
25 N.interóseo (antebraquial) posterior
26 A.interósea posterior
27 A.recurrente mediana
28 M.pronador redondo
29 R.profundo del n.radial
30 A.recurrente radial
31 M.supinador largo
32 Red periarticular
33 Ramo del n.musculocutáneo
34 A.colateral media
35 A.colateral radial
36 N.radial (en el paso a través del tabique intermuscular braquial externo)
37 A.humeral profunda

tal del surco externo del húmero, a través de la fascia del brazo, a la zona radial del antebrazo.
El *n.radial,* en la fosa cubital, emite ramos al grupo muscular radial, casi siempre también a fascículos externos del m.braquial (más raramente al m.bíceps braquial) y, algo proximal con respecto a la hendidura articular se divide en un *ramo superficial* (sensitivo) y un *ramo profundo* (motor).
El ramo superficial del n.radial se dirige —cubierto por el m.supinador largo— por el m.supinador distalmente (fig. **93**). Discurre en el conducto radial por la cara externa de los vasos radiales.
El *r.profundo del n.radial* gira en un trayecto espiral en el m.supinador alrededor del extremo radial proximal y llega a la vía vásculo-nerviosa dorsal del antebrazo, entre la capa superficial y profunda de los extensores (fig. **93**).

Dado que el ramo profundo del n.radial es conducido a través del m.supinador cerca del extremo proximal del radio y no puede desviarse, está expuesto a lesiones en las fracturas del cuello del radio o luxaciones de la cabeza del radio. En posición de supinación se acerca especialmente a la hendidura articular de la articulación del codo.

N.cubital y vasos satélites

El **n.cubital** (fig. **93**) discurre sobre la cara dorsal de la articulación del codo por la hendidura articular. A partir del surco del n.cubital en la cara dorsal de la epitróclea del húmero, donde está cubierto por la fascia antebraquial aquí reforzada, pasa por debajo del arco tendinoso que une el fascículo humeral y el cubital del m.cubital anterior. Casi siempre emite aquí los ramos para el m.cubital anterior y el fascículo cubital del flexor profundo de los dedos. Por medio de una anastomosis con el n.mediano, fibras del mediano pueden alcanzar el n.cubital y viceversa. El n.cubital pasa por debajo del cubital anterior hacia la parte distal y alcanza por dentro a los vasos cubitales (fig. **97**).

En la región del codo, el n.cubital está acompañado en la parte proximal por la a.colateral cubital superior, y en la distal por la r.posterior de la a.recurrente cubital (fig. **93**). Como quiera que discurre cerca del eje de giro de articulación del codo, en los movimientos de flexión, apenas es distendido.

C. Antebrazo y mano

1. Antebrazo

a) Ordenación e inervación de la musculatura del antebrazo

La musculatura del antebrazo se distingue genéticamente en un grupo muscular *ventral* situado en la cara palmar, *grupo de los flexores,* y un

grupo muscular *dorsal, grupo de los extensores,* de localización dorsal. Esta división pierde sin embargo su nitidez debido a que algunos músculos del grupo dorsal se han desplazado a la cara palmar del antebrazo, rodeando al radio, y de esta manera –en lo que se refiere a la articulación– se han convertido en músculos flexores, *grupo muscular externo.*

Fascia antebraquial. La musculatura del antebrazo está envuelta por la fascia antebraquial (fig. **97**) que –reforzada por fibras tendinosas– en la región del codo sirve simultáneamente como inserción de origen de los flexores y extensores superficiales. En el epicóndilo, la epitróclea, el olécranon y en el borde dorsal del cúbito, la fascia está fijada fuertemente al hueso. Por la cara inferior de la fascia penetran tabiques conjuntivales entre los músculos y grupos musculares del antebrazo. Así se originan, limitados por la fascia antebraquial, los grupos de fascias, los dos huesos del antebrazo y la membrana interósea, un *compartimiento flexor ventral,* un compartimiento dorsal para los *extensores* (en el sentido más estricto) y un *compartimiento radial* para el grupo muscular externo.

Los compartimientos ventral y dorsal son divididos en su parte proximal por tabiques intermusculares, y en su parte distal por una capa de tejido conjuntivo laxo que separa los flexores y extensores superficiales y profundos.
Los espacios conjuntivales posibilitan una diseminación de las inflamaciones y hemorragias en sentido longitudinal. Los flemones del antebrazo proceden frecuentemente de inflamaciones de las vainas tendinosas en la zona de la palma de la mano y por ello se presentan casi siempre en el compartimiento de los flexores.

A nivel de la articulación radio-carpiana, la fascia antebraquial en la cara dorsal es reforzada por haces musculares transversos que forman el *ligamento dorsal del carpo* (fig. **95**). Distalmente de él se continúa en la fascia dorsal de la mano (fig. **107**), que cubre los tendones extensores y está unida con la aponeurosis dorsal de los dedos.
En la cara palmar, fascículos fibrosos igualmente transversos, que están adheridos al radio y al cúbito, refuerzan el segmento próximo a la articulación del carpo de la fascia antebraquial que se continúa en el carpo con la fascia de la palma de la mano. A nivel de la palma de la mano, esta fascia superficial es reforzada y constituye la *aponeurosis palmar* (fig. **107**). En dirección distal y más profundamente, los fascículos transversos están en comunicación con un ligamento resistente, el *ligamento transverso del carpo* (figs. **103** y **108**) por la que pasa la aponeurosis palmar. El ligamento transverso del carpo pasa por encima del surco formado por los huesos del carpo y lo completa en un canal osteofibroso, el *canal del carpo,* por el que atraviesa los tendones de los flexores largos de los dedos.

Membrana interósea antebraquial. La membrana interósea del antebrazo se extiende entre radio y cúbito (figs. **90, 91, 97**). Sus fibras discurren predominantemente oblicuas desde la parte proximal externa hacia la distal interna y en la porción distal también en sentido contrario. La membrana asegura ambos huesos del antebrazo contra desplazamientos longitudina-

les, evita una supinación excesiva y sirve al mismo tiempo como superficie de origen para la musculatura del antebrazo.

Hasta ahora se suponía también que la membrana transmite al cúbito fuerzas de presión que, a través de la mano, actúan sobre el radio, y el cúbito las transmite a su vez al húmero. Contra esta idea habla el hecho de que en las preparaciones ligamentosas el 50 % de la presión ejercida en la mano es transmitida directamente a través del radio y la articulación húmero-radial a la cabeza del húmero, y sólo el 43 % se transmite a través del cúbito y de la articulación húmero-cubital a la tróclea humeral, tanto si la membrana interósea está intacta como si está seccionada en sentido longitudinal.
En el segmento proximal del espacio interóseo existe una hendidura en la tuberosidad radial y en el tendón del bíceps que en la pronación son girados hacia la parte interna. Distalmente está limitada por un fascículo fibroso rígido, el ligamento de Weitbrecht (fig. **91**). Sus haces fibrosos parten de la tuberosidad cubital y discurren —contrariamente a la mayoría de las fibras de la membrana interósea— desde la parte cubital proximal hacia la radial distal. Conjuntamente con el borde proximal de la membrana interósea, el ligamento de Weitbrecht limita las zonas de paso para los vasos interóseos posteriores.

El antebrazo se adelgaza hacia la zona distal, ya que la muscular de los músculos longitudinales del antebrazo se halla en la parte proximal. Por ello el antebrazo es distalmente menos pesado y de mayor movilidad, tanto más cuanto que el origen de los músculos del antebrazo está desplazado proximalmente en el húmero. Los flexores superficiales se originan de la epitróclea del húmero; los extensores superficiales del epicóndilo.
Sobre la base de su inserción, los *músculos del antebrazo se dividen* en
- músculos que se insertan en el radio: supinador largo y corto, pronador redondo y pronador cuadrado. Actúan sobre las articulaciones radiocubitales; son por tanto pronadores y supinadores. El supinador largo y pronador redondo ayudan, además, a la flexión en la articulación del codo;
- músculos que se insertan en los metacarpianos (o en el hueso pisiforme): músculos radiales externos (1.º y 2.º), cubital posterior, abductor largo del pulgar, palmar mayor, cubital anterior, palmar menor. Mueven en primera línea la articulación de la mano (si bien el músculo abductor del pulgar sólo en el dedo índice del pulgar aducido);
- Músculos que van a los dedos y que realizan tanto movimientos de la mano como de los dedos.

Dado que, por una parte, los largos músculos flexores y extensores de los dedos, además de discurrir por las articulaciones de los dedos, también lo hacen por las articulaciones carpianas, el músculo flexor digital superficial es además flexor en la articulación del codo, y que, por otra parte, las fibras de este músculo son bastante cortas, su capacidad de contracción no es suficiente para originar en todas las articulaciones una flexión o extensión máxima: *insuficiencia activa*. Tampoco las fibras musculares pueden distenderse tan intensamente que todas las articulaciones por las que discurre el músculo correspondiente puedan ser llevadas a una extensión o flexión máxima que se oponga a la acción muscular: *insuficiencia pasiva*.

Grupo de los extensores (músculos dorsales)

Grupo muscular externo

De la capa superficial de los músculos dorsales del antebrazo se ha separado el grupo muscular externo, su origen en el epicóndilo del húmero se ha extendido hacia la parte proximal y se ha introducido entre el m.tríceps braquial y el m.braquial. Los músculos de este grupo discurren *delante* del eje de flexión de la articulación del codo en sentido distal, por tanto son flexores de la articulación del codo y cursan en una espiral oblicua en la cara externa del radio, de manera que tienen un componente de pronación.

El **músculo supinador largo** (figs. **93, 94, 97** y **108**) se encuentra en el borde externo del radio y nace en las caras externas del húmero por encima del epicóndilo y por el tabique intermuscular braquial externo. Se inserta en la raíz de la epífisis estiloides del radio.

Inervación: N.radial

Después que el n.radial ha penetrado por el tabique intermuscular externo en el surco externo del brazo, emite ramos musculares a los músculos del grupo radial y casi siempre también ramas finas para los haces externos del m.supinador largo.

El **m. primer radial externo** (figs. **94, 97** y **106**) se origina –distalmente del origen del m.supinador largo de la cresta externa del húmero y del tabique intermuscular braquial externo. Se inserta en la base del II metacarpiano.

El borde superior del vientre muscular está cubierto por el m.supinador largo, mientras que él mismo se abomba en sentido lateral sobre el epicóndilo y recubre el segmento proximal del m.segundo radial externo.

Inervación: N.radial

El **m.segundo radial externo** toma su origen del epicóndilo del ligamento anular del radio y del tabique conjuntival, que separa el músculo del m. extensor de los dedos. El tendón, corto, se inserta en la apófisis estiloides del 3.er hueso metacarpiano.

Los tendones de ambos mm.radiales externos discurren por el borde externo del radio en sentido distal, son cruzados por el vientre muscular del músculo abductor largo del pulgar y el m.extensor corto del pulgar y pasan por el 2.° compartimiento tendinoso debajo del ligamento dorsal del carpo (fig. **95**).

Inervación: N.radial

El ramo muscular puede también proceder del ramo profundo del n.radial antes de que éste entre en el m.supinador.

Capa superficial de los extensores

El **m.cubital posterior** (figs. **94, 97** y **106**) forma el contorno marginal interno de este grupo muscular. Se origina por un *fascículo humeral* de la epitróclea del húmero entre la localización de origen del m.anconeo y la

del m.extensor de los dedos y por el *fascículo cubital* de la fascia antebraquial y del borde dorsal del cúbito. Se inserta en la base del 5.º metacarpiano.

El músculo bipennado yace sobre la cara dorsal del cúbito. Su tendón se desliza en un surco limitado internamente por la apófisis estiloides del cúbito sobre la cabeza del cúbito y pasa por el 6.º compartimiento tendinoso por debajo y atravesando el ligamento dorsal del carpo (fig. **95**).

Inervación: R.profundo del n.radial

El **m.extensor de los dedos** (figs. **94** y **97**) se halla en la zona radial del m.extensor cubital del carpo en el centro del antebrazo. Se origina del epicóndilo del húmero, de los haces ligamentosos externos de la articulación del codo, de la fascia antebraquial y del tabique conjuntival que le separa del m.radial externo. Se inserta en la aponeurosis dorsal del 2.º-5.º dedo.

Los 4 tendones del músculo están en la misma capa y atraviesan conjuntamente el 4.º compartimiento tendinoso por debajo del ligamento dorsal del carpo. En la región de los metacarpianos, los tendones están íntimamente unidos por haces ligamentosos horizontales, *conexiones intertendinosas;* en el dorso de los dedos forman la aponeurosis dorsal (figs. **95** y **106**). El fascículo medio de los tendones termina en la base de las falanges medias, los cordones laterales van más allá de la articulación media, se fusionan distalmente a ella en la cara dorsal de las falanges medias y se insertan en la base de las falanges 2.ª a 5.ª.

Inervación: R.profundo del n.radial

El ramo profundo del n.radial, después de su salida del "canal supinador", cede un ramo que se ramifica en m.extensor de los dedos y m.extensor del meñique, y emite inmediatamente después el ramo para el m.extensor cubital del carpo. Los tres ramos musculares pueden proceder de un tronco corto común.

El **m.extensor del dedo meñique** (figs. **94** y **97**) es un desdoblamiento del m.extensor de los dedos y en su origen es separado de este músculo únicamente por una hoja tendinosa. No obstante, su tendón posee un departamento tendinoso propio (el 5.º) y se inserta en la aponeurosis dorsal del 5.º dedo (fig. **95**).

Inervación: R.profundo del n.radial

La inervación del m.extensor del meñique por el mismo ramo nervioso, que también inerva el m.extensor de los dedos, indica la relación genética especialmente íntima con este músculo.

Capa profunda de los extensores

El **m.supinador corto** (fig. **94**) se origina del epicóndilo humeral de los ligamentos externos de la articulación del codo y de la cresta del m.supinador del cúbito. La delgada placa muscular abraza el radio por detrás y externamente y se inserta en la cara anterior del radio entre la tuberosidad radial y la zona de inserción del m.pronador redondo.

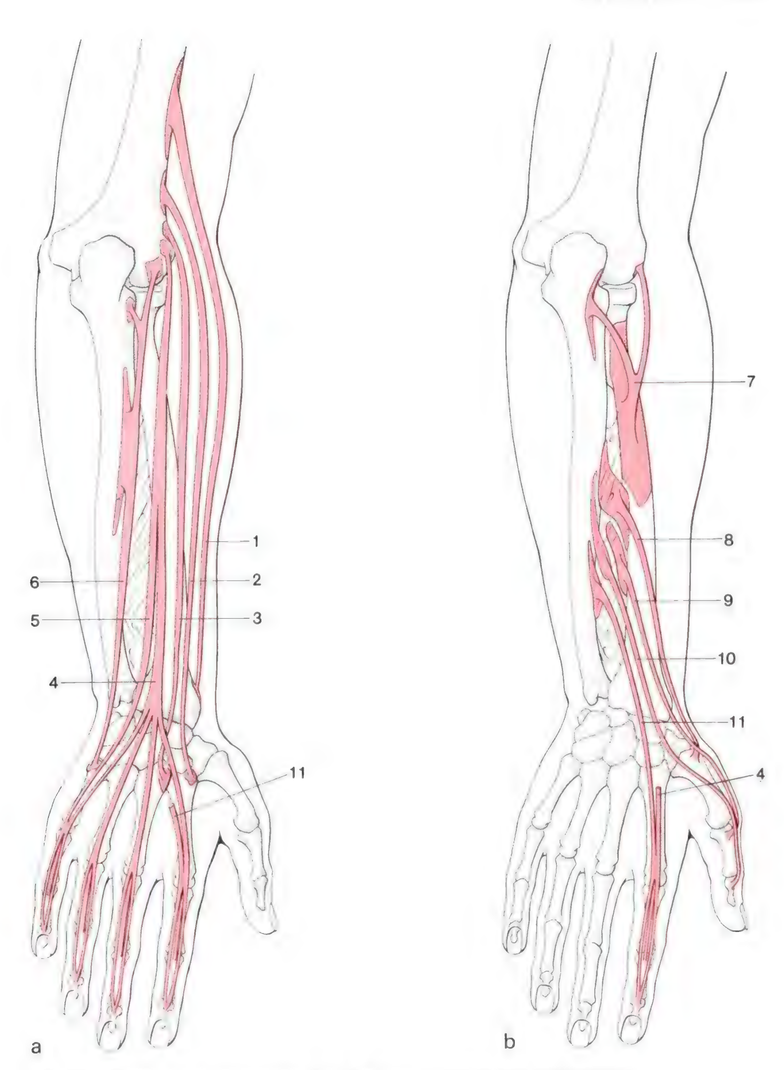


Fig. 94. **Grupo de extensores de la musculatura del antebrazo.**
a Grupo externo (1-3) y capa superficial del grupo posterior (4-6)
b Capa profunda del grupo posterior (7-11)

1 M.supinador largo
2 M.primer radial externo
3 M.segundo radial externo
4 M.extensor común de los dedos
5 M.extensor propio del meñique
6 M.cubital posterior
7 M.supinador corto
8 M.abductor largo del pulgar
9 M.extensor corto del pulgar
10 M.extensor largo del pulgar
11 M.extensor propio del dedo índice

En el músculo, en las cercanías del borde proximal penetra el ramo profundo del n.radial y se dirige en sentido distal por el músculo en el "canal del supinador" de trayecto espiroideo.

Inervación: R.profundo del n.radial

El ramo muscular abandona el r.profundo aun antes de que éste entre en el m.supinador. Ramos finos pueden ser emitidos por el ramo profundo durante su curso por el "canal del supinador".

El **m.abductor largo del pulgar** y el **m.extensor corto del pulgar** forman una unidad genética y funcional (los vientres musculares, frecuentemente también una unidad morfológica) (figs. **94, 97** y **106**). Nacen de la cara dorsal del radio (cuarto 2.° y 3.°) y de la membrana interósea; el m.abductor largo del pulgar, bipennado, distalmente al origen del m.supinador, procede también del cúbito. El m.abductor largo del pulgar se inserta en la base del metacarpiano I; el m.extensor corto del pulgar en la base de la primera falange del pulgar.

Los dos músculos cruzan por encima en ángulo agudo los tendones de los m.extensores radiales del carpo, sus tendones discurren por el surco radial en la cara dorsal del extremo distal del radio y pasan por el primer departamento tendinoso (palmar con respecto al eje de flexión de la articulación de la mano).

Inervación: R.profundo del n.radial

Los ramos musculares para ambos músculos proceden casi siempre de un tronco común, el que abandona el ramo profundo distalmente al m.supinador corto y después de un corto trayecto se divide. Mientras que los ramos para el m.abductor largo del pulgar entran inmediatamente en el músculo, el ramo para el m.extensor corto del pulgar discurre inicialmente por un tramo bastante apreciable en sentido distal antes de que se hunda en el músculo.

El **m.extensor largo del pulgar** (figs. **94, 97** y **106**) nace de una cinta estrecha en la cara dorsal del cúbito, que en sentido distal y cubital se adiciona a la zona de origen de los mm.abductor largo del pulgar y extensor corto del pulgar, y de la membrana interósea. Su tendón, que discurre a través del 3.^{er} departamento tendinoso, se inserta en la base de la falange distal del pulgar (fig. **95**).

El tendón de inserción del músculo limita una fosita hacia la parte cubital, llamada "tabaquera" anatómica, en cuya profundidad discurre la a.radial y sus venas satélites desde la cara de flexión a la de extensión del carpo (fig. **95**). El suelo óseo de la fosa está formado por el hueso trapecio y el escafoides, la delimitación radial por los tendones de los m.extensores corto del pulgar y abductor largo del pulgar. En una contracción de estos músculos sobresalen sus tendones debajo de la piel, de manera que la fosa se hace perfectamente distinguible.

Inervación: R.profundo del n.radial

El **m.extensor del índice** (fig. **94**) es el más distal e interno de todos los extensores profundos. Se origina exclusivamente a partir del cúbito (tercio distal de la cara dorsal). Su tendón pasa conjuntamente con los tendones

del m.extensor de los dedos por el 4.° compartimiento tendinoso y se inserta en la aponeurosis dorsal del dedo índice (figs. **95, 104** y **106**).

Inervación: R.profundo del n.radial

El largo ramo muscular se separa ya en el tercio medio del antebrazo del ramo profundo o procede de un tronco común, cuyo ramo proximal inerva el extensor largo del pulgar.

Vainas tendinosas dorsales

Las caras dorsales del radio y cúbito delimitan, conjuntamente con el ligamento dorsal del carpo, un canal osteofibroso, que es dividido por tabiques conjuntivales en 6 compartimientos. En general, en cada compartimiento existe una vaina tendinosa (fig. **95**). Proximalmente las vainas tendinosas comienzan aproximadamente 1 cm por encima del ligamento dorsal del carpo; distalmente terminan a nivel de los metacarpianos. La vaina tendinosa de los m.extensores radiales del carpo únicamente llega hasta la línea distal del carpo.

Estuches tendinosos. A través del *primer* estuche, el de situación más alejada con respecto al radio, pasan en una vaina tendinosa común los tendones del m.abductor del pulgar largo y extensor corto del pulgar. El 2.° estuche alberga los tendones de los músculos radiales externos cuya vaina tendinosa inicialmente unitaria se bifurca en la parte distal del ligamento dorsal del carpo. Por el tercer estuche pasa el tendón del m.extensor largo del pulgar, por el cuarto el tendón del m.extensor de los dedos y extensor del índice. Por el 5.° estuche discurre el tendón del m.extensor del dedo meñique, y por el 6.° estuche, el más alejado con respecto al cúbito, el tendón del m.extensor cubital del carpo.

Grupo de los flexores (músculos ventrales)

En el grupo de los flexores se distingue normalmente una capa muscular superficial y otra profunda. En el tabique conjuntival que divide ambas capas está el n.mediano (vía media del antebrazo). Los músculos de la capa superficial parten de la epitróclea del húmero, los flexores profundos se originan en el radio, cúbito y membrana interósea.

Capa superficial de los flexores

El **m.pronador redondo** (figs. **93, 96** y **97**) se origina con la **cabeza humeral** conjuntamente con los flexores superficiales del antebrazo en la epitróclea del húmero y en el tabique intermuscular braquial interno. La *cabeza cubital* no desarrollada regularmente se origina en la cara interna del cúbito entre la apófisis coronoides y la tuberosidad del cúbito. El músculo pasa en diagonal por el cúbito y el radio, rodea la cresta anterior del radio y se inserta distalmente a la inserción del m.supinador corto en la cara externa del radio.

El músculo, conjuntamente con el m.braquiorradial, limita la fosa cubital por la parte distal. Entre la cabeza humeral y la cabeza cubital atraviesa el n.mediano.

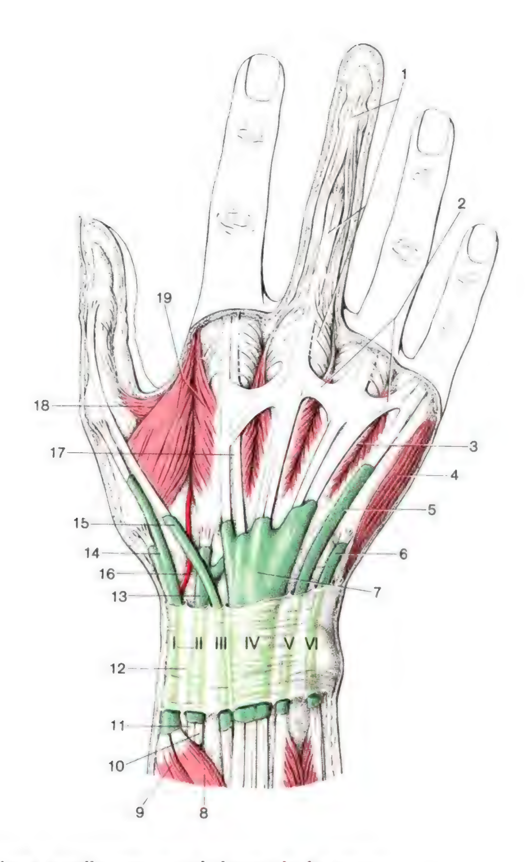


Fig. 95. **Vainas tendinosas en el dorso de la mano.**

1 Aparato extensor del dedo medio
2 Conexión intertendinosa
3 M.interóseo dorsal IV
4 M.abductor del dedo meñique
5 Vaina tendinosa del m.extensor del dedo meñique
6 Vaina tendinosa del m.cubital posterior
7 Vaina tendinosa del m.extensor común de los dedos y extensor del índice
8 M.extensor corto del pulgar
9 M.abductor largo del pulgar
10 Tendón del m.primer radial externo
11 Tendón del m.segundo radial externo
12 Lig.dorsal del carpo
13 Vaina tendinosa de los mm.radiales externos
14 Vaina tendinosa de los mm.abductor largo y extensor corto del pulgar
15 Vaina tendinosa del m.extensor largo del pulgar
16 A.radial en la "tabaquera" anatómica
17 Tendón del m.extensor largo del pulgar
18 M.aductor del pulgar
19 M.interóseo dorsal I
I-VI Estuches tendinosos debajo del ligamento dorsal del carpo

Inervación: N.mediano, en ocasiones también es doble por medio del n.musculocutáneo.

A partir del n.mediano van a la fosa cubital un ramo superior para el componente proximal de la cabeza humeral, y un ramo distal para las dos cabezas del m.pronador redondo.

El **m.palmar mayor** (figs. **96, 97** y **108**) sale de la zona de origen común de los flexores superficiales en la epitróclea del húmero, así como de la fascia del antebrazo y del tabique conjuntival que lo separa de los músculos vecinos. Se inserta en la base del hueso metacarpiano II (y a menudo también del III).

El tendón largo del músculo bipennado se dirige por la parte cubital de la a.radial y de las venas radiales al tercio distal del radio, oblicuamente hacia abajo, y pasando por debajo del ligamento dorsal del carpo, penetra en un canal propio (fig. **103**).

Inervación: N.mediano.

El **m.cubital anterior** (figs. **93, 96, 97** y **108**) forma el contorno marginal cubital del grupo de los flexores. La *cabeza humeral* procede de la epitróclea del húmero y del tabique intermuscular braquial interno; la *cabeza cubital* procede del olécranon, de los dos tercios proximales del borde dorsal del cúbito y de la fascia antebraquial. Las dos cabezas están unidas por una cinta tendinosa por debajo de la cual pasa el n.cubital a la zona de flexión del antebrazo. El tendón del músculo que delimita por dentro la vía cubital del antebrazo no va por el canal del carpo, sino que se junta al hueso pisiforme y se continúa con el *lig.pisihamato* y *pisimetacarpiano* hacia el hueso ganchoso y 5.º metacarpiano (figs. **96, 101** y **103**).

Mediante la inclusión del hueso pisiforme como hueso sesamoideo en el tendón del músculo, es incrementada la separación con el eje de giro, y el m.cubital anterior recibe un momento favorable de acción para la flexión palmar.

Inervación: N.cubital.

Después que el n.cubital ha salido del surco por detrás de la epitróclea, debajo del arco tendinoso del m.flexor cubital del carpo, emite un ramo al cubital anterior y casi siempre dos ramos a la parte cubital del flexor profundo de los dedos ([3.º] 4.º y 5.º dedos). Distalmente de la articulación del codo puede emitir aún un 2.º ramo para el m.cubital anterior.

El inconstante m.palmar menor (figs. **96** y **97**) se encuentra entre el m.palmar mayor y el m.cubital anterior. El vientre muscular corto se continúa con un largo tendón, que por dentro del tendón del m.palmar mayor y superficialmente con respecto al m.flexor superficial de los dedos se dirige al hueco de la mano. Con la mano flexionada es visible a través de la piel, pasa por el ligamento transverso del carpo y penetra en la aponeurosis palmar, a la que puede tensar (fig. **108**). El músculo puede faltar (en aproximadamente 20 %), puede ser bicéfalo o doble.

Inervación: N.mediano.

El **m.flexor superficial de los dedos** (figs. **96** y **97**) yace algo más profundamente que los músculos mencionados que le cubren parcialmente. Se origina con una cabeza humerocubital en la zona de origen de los flexores superficiales en la epitróclea del húmero y de la apófisis coronoides, y con una cabeza radial de una cinta estrecha en la cara anterior del radio, distal con respecto a la inserción del m.pronador redondo. Sus tendones terminales se insertan en las falanges medias II-V.

El tejido muscular llega casi hasta cerca del ligamento transverso del carpo y está dividido de manera incompleta en 2 vientres superficiales (para el dedo medio y anular) y 2 vientres musculares profundos (dedo índice y meñique) (fig. **103**). Sus tendones pasan por el canal del carpo y se distribuyen por las primeras falanges respectivamente en 2 ramas, entre las que pasan los tendones del m.flexor profundo de los dedos hacia la falange terminal (de ahí la designación "flexor perforatus" para el m.flexor superficial de los dedos, y "flexor perforans" para el m.flexor profundo de los dedos, figs. **104, 105**). Las ramas tendinosas se insertan en ambos bordes laterales de las falanges medias II-IV. Las fibras tendinosas profundas del m.flexor superficial de los dedos se separan al principio entre sí (proximal). Se unen inmediatamente después de atravesar los tendones flexores profundos —directamente suprayacentes al hueso—, se cruzan (*quiasma tendinoso*) y forman la parte dorsal de una bolsa deslizante. La pared externa de este tubo está formada por las ramas alargadas de los tendones divididos del flexor superficial de los dedos, la incompleta corta pared palmar por el segmento tendinoso aún no dividido, proximal, superficial.

Inervación: N.mediano.

Un ramo proximal que con un ramo lateral inerva también el m.palmar menor, pasa a nivel del codo hacia el flexor superficial de los dedos (vientre muscular para el 2.º dedo). Algo distalmente se separa un 2.º ramo para los vientres musculares de los tendones para el 3.º-5.º dedo. Un ramo distal para el vientre muscular del 2.º dedo procede del n.interóseo anterior (antebraquial).

Capa profunda de los flexores

El **m.flexor profundo de los dedos** (figs. **96, 97** y **108**) se origina en gran parte de la cara anterior e interna del cúbito (los dos tercios proximales), de la membrana interósea y de la fascia antebraquial. El potente vientre muscular, que abraza al cúbito por delante y por dentro, sirve al flexor superficial de los dedos como vía deslizante. Los 4 tendones son adyacentes en el canal del carpo (fig. **107**), perforan los tendones del m.flexor digital superficial (figs. **103, 104** y **105**) y alcanzan la base de la falange distal del 2.º-5.º dedos.

Inervación: parte radial del n.interóseo (antebraquial) anterior del n.mediano, componente cubital del n.cubital.

El vientre muscular para el dedo índice es inervado únicamente por el n.mediano. Los vientres musculares restantes, en casos especiales, pueden tener la inervación doble.

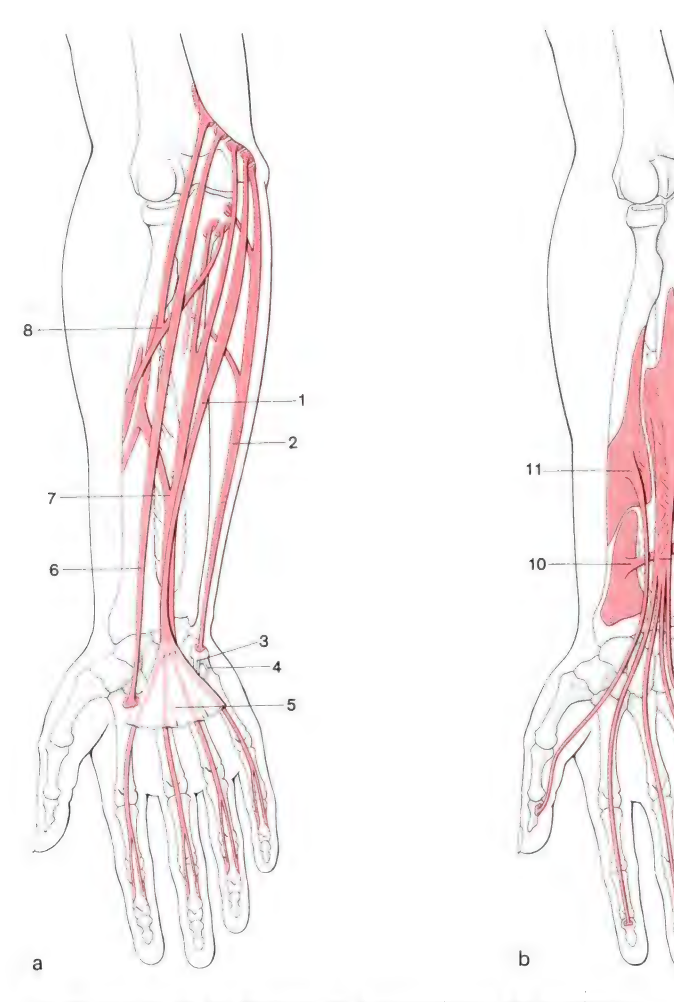


Fig. 96. **Grupo de los flexores de la musculatura del antebrazo.**
a Capa superficial de los flexores (planos I y II de la cara ventral)
b Capa profunda de los flexores (planos III y IV de la cara ventral)

1 M.palmar menor
2 M.cubital anterior
3 Lig.pisihamato
4 Lig.pisimetacarpiano
5 Aponeurosis palmar
6 M.palmar mayor
7 M.flexor común superficial de los dedos
8 M.pronador redondo
9 M.flexor común profundo de los dedos
10 M.pronador cuadrado
11 M.flexor largo del pulgar

El **m.flexor largo del pulgar** (figs. **96** y **97**) es una parte del m.flexor digital profundo que se ha hecho independiente durante la filogénesis. Su región de origen se extiende por la cara anterior del radio desde la tuberosidad del radio hasta el borde proximal del m.pronador cuadrado y puede extenderse a la membrana interósea. Su tendón cursa por el canal del carpo (fig. **103**); está alojado en el pulgar entre las dos cabezas del m.flexor corto del pulgar (fig. **107**) y se inserta en la base del pulgar (fig. **105**).

Inervación: N.interóseo (antebraquial) anterior del n.mediano.

El **m.pronador cuadrado** (fig. **96**) pertenece a la capa profunda de los músculos flexores del antebrazo. Une en el cuarto distal la cara anterior del cúbito y del radio, con lo que la zona de origen en el cúbito abraza a la cara interna alrededor del borde anterior.

Inervación: N.interóseo (antebraquial) anterior del n.mediano.

b) Vías vásculo-nerviosas del antebrazo

Vía radial

En la vía del antebrazo radial pasan –recubiertos por el vientre muscular del m.supinador largo– *el ramo superficial del n.radial* (externamente), la *a.radial* con 2 venas satélites y *vasos linfáticos profundos* (figs. **93** y **97**).

El **r.superficial del n.radial** abandona la vía radial en el centro del antebrazo. Se desvía debajo del tendón del m.supinador largo en la parte extensora, penetra en el subcutis después de atravesar la fascia antebraquial e inerva la piel del dorso de la mano y de las dos mitades de los dedos radiales (en el 2.º y 3.er dedo sólo hasta la 2.ª falange, figs. **109** y **110**).

La **a.radial** sigue al músculo conductor en una línea desde el centro del codo hasta la base de la apófisis estiloides del radio y va desde aquí a la cara dorsal del carpo (figs. **103** y **108**). En la mitad distal del antebrazo por dentro del tendón del m.supinador largo está cubierta sólo por la fascia, de manera que aquí es especialmente perceptible el pulso. En el antebrazo la arteria emite sólo pequeñas ramas.

Al final de la vía radial emite la *a.transversa anterior del carpo* a la "red palmar del carpo", una fina red vascular en la cara palmar del carpo.

Vía cubital

El músculo guía de la vía cubital del antebrazo es el m.cubital anterior, al que el **n.cubital** (figs. **93, 97, 103** y **108**) sigue por todo el antebrazo hasta que en la parte radial del hueso pisiforme, en el ligamento transverso del carpo, se divide en un ramo profundo (para los mm.lumbricales III, IV, los músculos interóseos palmares y dorsales, el m.aductor del pulgar, el fascículo profundo del m.flexor corto del pulgar, los músculos del pulpejo

de los dedos), y un *ramo superficial* (para el m.palmar cutáneo y la piel de 1 $^1/_2$ dedo cubital).
El *n.cubital* en el antebrazo emite:

- los *ramos musculares* (proximal) para el m.cubital anterior y la parte cubital del flexor profundo de los dedos,
- el *ramo dorsal del n.cubital* (fig. **108**), aproximadamente en la mitad del antebrazo, que por debajo del tendón del m.cubital anterior rodea al cú-

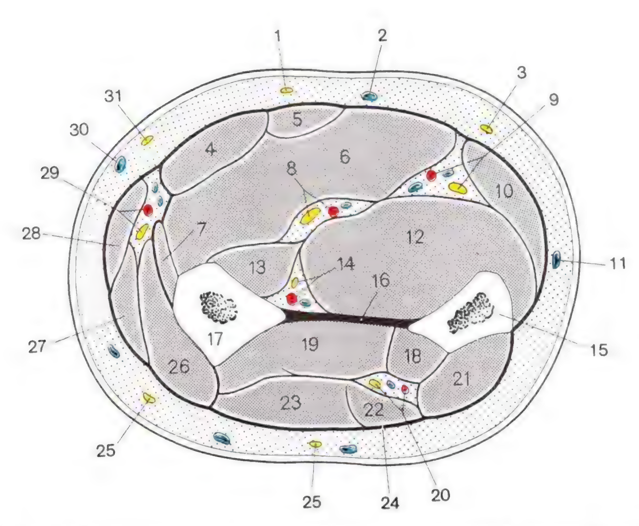


Fig. 97. **Corte transversal en el tercio medio del antebrazo derecho,** vista distal de la superficie de corte.

1 N.cutáneo antebraquial interno, r.anterior
2 V.mediana antebraquial
3 N.cutáneo antebraquial interno, r.cubital
4 M.palmar mayor
5 M.palmar menor
6 M.flexor común superficial de los dedos
7 M.pronador redondo
8 N.mediano, a.mediana
9 N.cubital, a.cubital con venas satélites
10 M.cubital anterior
11 V.basílica
12 M.flexor común profundo de los dedos
13 M.flexor largo del pulgar
14 N.interóseo (antebraquial) anterior, a.interósea anterior
15 Cúbito
16 Membrana interósea antebraquial
17 Radio
18 M.extensor largo del pulgar
19 M.abductor largo del pulgar y m.extensor corto del pulgar
20 N.interóseo (antebraquial) posterior, a.interósea posterior
21 M.cubital posterior
22 M.extensor del dedo meñique
23 M.extensor de los dedos
24 Fascia antebraquial
25 N.cutáneo antebraquial posterior
26 M.primer radial externo
27 M.segundo radial externo
28 M.supinador largo
29 R.superficial del n.radial, a.radial con venas satélites
30 V.cefálica
31 N.cutáneo antebraquial externo

bito (expuesto en las fracturas del cúbito en el tercio distal), se dirige a la zona de extensión e inerva la piel del dorso de la mano y de los 2 $^1/_2$ dedos cubitales (en el 3.^{er} y 4.^{o} dedo sólo hasta la falange media, fig. **109**), y

– el *r.palmar del n.cubital* (figs. **108** y **109**) a una altura variable para la piel del pulpejo de los dedos.

La **a.cubital** con venas satélites y vasos linfáticos profundos procede de la fosa cubital, se une al nervio en la parte media del antebrazo por la parte radial (figs. **93, 97** y **108**) y discurre –cubierto por el vientre muscular y tendón del m.cubital anterior– con él hacia el carpo. Sólo en un corto tramo proximal al hueso pisiforme sobresale la arteria radial debajo del tendón y se adosa profundamente en la fascia antebraquial que está aquí reforzada. En el antebrazo la a.cubital emite sólo pequeños ramos musculares.

En el borde distal del m.pronador cuadrado pasa una *arteria transversa anterior del carpo* a la "red palmar del carpo", y una *a.dorsal del carpo* debajo del tendón del m.flexor cubital del carpo hacia el dorso de la mano (fig. **108**).

Vía media del antebrazo

La vía media comienza entre la cabeza humeral y la cubital del m.pronador redondo y discurre por el eje medio del antebrazo entre los flexores superficiales y profundos. El n.mediano (figs. **93** y **97**) está alojado en el tejido conjuntivo en la cara inferior del m.flexor superficial de los dedos y en la parte proximal está acompañada por la a.mediana y en la parte distal por una rama delgada de la a.interósea anterior. Proximalmente a la articulación radiocarpiana el nervio se encuentra cerca de la superficie (figs. **103** y **108**) inmediatamente debajo de la reforzada fascia antebraquial. Se dirige casi siempre entre los tendones de los m.palmar mayor y palmar menor, a veces también por la parte cubital del tendón palmar, hacia el canal del carpo.

Debido a su situación superficial proximal de la articulación radiocarpiana, el nervio está especialmente expuesto, por ejemplo en heridas cortantes.

El *n.mediano* en el antebrazo da:

– los *ramos musculares* para los mm.pronador redondo, palmar mayor, palmar menor y flexor superficial de los dedos.

– el *n.interóseo (antebraquial) anterior* (fig. **93**) –a la altura o distalmente del m.pronador redondo– para los flexores profundos en la vía interósea palmar.

– el *ramo palmar del n.mediano* (figs. **108** y **109**) en el tercio distal del antebrazo hacia la piel de la yema del pulgar y de la parte externa de la palma de la mano.

Vía interósea palmar

En esta vía vásculo-nerviosa discurren en la cara ventral de la membrana interósea, en la profundidad entre los músculos flexor largo del pulgar y flexor profundo de los dedos, el n.interóseo (antebraquial) anterior (procedente del n.mediano) y los vasos interóseos anteriores, junto con vasos linfáticos profundos en dirección distal (figs. **93** y **97**).

El **n.interóseo (antebraquial) anterior** inerva los músculos flexor largo del pulgar y flexor profundo de los dedos, y con su ramo terminal el m.pronador cuadrado.

La **a.interósea anterior** (procedente de la a.interósea común) inerva con ramos musculares los flexores profundos y llega con débiles ramas terminales a la "red palmar del carpo". Un ramo más potente atraviesa en el borde superior del m.pronador cuadrado la membrana interósea y va a la red dorsal del carpo.

Vía dorsal del antebrazo

En el tejido conjuntivo, entre los extensores superficiales y profundos discurren el *r.profundo del n.radial* y los **vasos interóseos posteriores** (acompañados de vasos linfáticos profundos), sin que constituyan un cordón vásculo-nervioso unitario (figs. **93** y **97**).

El **r.profundo del n.radial** que se tuerce en el m.supinador corto en torno al extremo proximal del radio, inerva todos los extensores (en una capa) del antebrazo. Su ramo terminal, el *n.interóseo (antebraquial) posterior*, emite los ramos para los mm.extensor largo del pulgar y extensor del índice. Se dirige por la cara dorsal de la membrana interósea a la cápsula de la articulación radiocarpiana.

La **a.interósea posterior** (procedente de la a.interósea común) pasa por el borde superior de la membrana interósea distalmente del ligamento de Weitbrecht, en el compartimiento de los extensores, y se ramifica en los extensores Está. en conexión con la red dorsal del carpo.

2. Articulación radiocubital distal y articulaciones de la mano

a) Articulación radiocubital

En la **articulación radiocubital distal** (fig. **100**) el radio, con la hendidura cubital del radio, se mueve en torno a la circunferencia articular del cúbito cogiendo también la mano (*movimientos de giro* de la mano). En posición de supinación ambos huesos del antebrazo están en situación paralela entre sí; en la posición de pronación se entrecruzan (fig. **98**). Las articulaciones radiocubital proximal y distal realizan el movimiento de pronación y supinación siempre conjuntamente. Constituyen dos departamentos separados sólo espacialmente de una articulación funcional unitaria.

El *disco articular* (figs. **90** y **100**), que separa al cúbito de los huesos del carpo, está fijado al borde distal-cubital del radio y a la apófisis estiloides del cúbito. Forma una fuerte conexión y al mismo tiempo móvil de los dos huesos del antebrazo y en la pro- y supinación es girado contra la cara distal cartilaginosa de la cabeza del cúbito.
La *cápsula articular* es fláccida y amplia, hacia la parte proximal está abierta en el *receso sacciforme*, y distalmente está adherida al disco articular, de manera que en corte longitudinal la cavidad articular tiene una forma similar a una L.

Las *luxaciones* de la articulación radiocubital distal se presentan casi siempre junto con una clásica fractura de radio. La línea de fractura es horizontal, algo inclinada distalmente hacia el cúbito a través del extremo distal del radio y yace por fuera de la cavidad articular. En desprendimientos epifisarios puede estar afectada la articulación. Como quiera que la membrana sinovial en la zona del receso sacciforme sólo está adosada laxamente, puede desprenderse y la cavidad articular no se abre.

b) Acción de los músculos y grupos musculares sobre las articulaciones radiocubitales

Con el codo extendido, el momento de giro de todos los pronadores es evidentemente mayor que el de los supinadores, ya que también contribuyen rotadores internos de la articulación del hombro, cuyo rendimiento sobre-

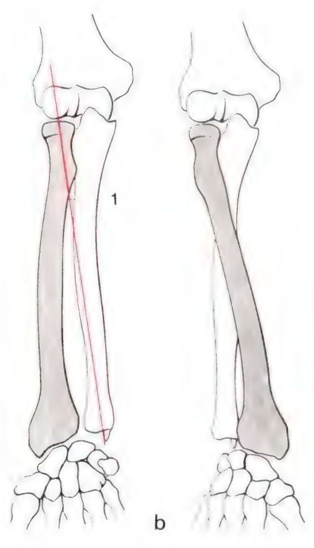


Fig. 98. **Movimiento de rotación de la mano derecha.**
Hueso del antebrazo en posición de supinación (a) y en posición de pronación (b).

pasa notablemente el de los rotadores externos. Con el antebrazo predominan las fuerzas de los supinadores, ya que el momento de giro del m.bíceps braquial en la supinación aumenta con la flexión en la articulación del codo. Para los individuos diestros, los tornillos o berbiquíes están fabricados de tal manera que su funcionamiento se establece con movimientos de supinación (p. ej. sacacorchos).

En las articulaciones radiocubitales
- *supinan:* los músculos bíceps braquial y supinador corto,

  en cuyo movimiento pueden ayudar en pequeño grado los mm.abductor largo del pulgar, extensor largo del pulgar, supinador largo (con el brazo sólo débilmente flexionado a partir de la posición de pronación) y primer radial externo (con la articulación del codo extendida a partir de la posición de pronación);

- *pronan:* los mm.pronador redondo, pronador cuadrado y palmar mayor,

  en cuyo movimiento los mm.supinador largo (con flexión progresiva de la articulación del codo y a partir de la posición de supinación) y primer radial externo (con el antebrazo flexionado a partir de la supinación extrema) pueden ayudar sólo de manera insignificante.

El *m.supinador* corto puede, al contrario que el *m.bíceps braquial*, supinar en cualquier posición de la articulación del codo, con lo que su momento de giro permanece uniforme. En la supinación se tuerce igual que el tendón del bíceps desde el radio, mientras que el m.pronador redondo es enrollado en torno a la cara anterior del radio. Con el brazo flexionado en ángulo recto, su posibilidad de trabajo importa aproximadamente un cuarto de la posibilidad de supinación del m.bíceps; con el brazo extendido es la mitad, ya que el momento de giro del m.bíceps disminuye al incrementar la extensión en la articulación del codo.
El *m.pronador redondo* es, con el brazo flexionado, un pronador potente; con la extensión progresiva de la articulación del codo su acción de pronación se hace menor. El *m.pronador cuadrado* puede realizar la pronación del antebrazo en supinación independientemente de la posición de la articulación del codo, con lo que se desenrosca del cúbito. Aproxima mutuamente las caras articulares del radio y el cúbito y asegura el contacto articular en la articulación radiocubital distal.

El **m.supinador largo** es, en primer lugar, un músculo flexor de la articulación del codo. Con el brazo débilmente flexionado puede supinar levemente; con el antebrazo flexionado en ángulo recto a partir de la posición de pronación máxima sólo en unos 20°. Su capacidad de pronación del brazo supinado es esencialmente mayor y aumenta con el grado de la flexión en la articulación del codo.

En una fractura de ambos huesos del antebrazo, proximalmente a la inserción del m.pronador redondo, los fragmentos proximales están supinados (m.supinador, m.bíceps braquial); si la fractura está localizada en la parte media de la diáfisis, entonces están en posición intermedia.

Una **parálisis** de *supinadores* o *pronadores* aislados apenas se percibirá con el brazo extendido, ya que los rotadores internos o externos del brazo giran en torno al mismo eje. Con la articulación del codo flexionada puede todavía ser supinado, en caso de una parálisis radial, con ayuda del m.bíceps braquial (n.musculocutáneo), y en caso de una parálisis del bíceps con ayuda del músculo supinador. En una parálisis del mediano, la capacidad de pronación está totalmente anulada y sólo es posible, pero de forma restringida, en caso de una inervación doble del m.pronador redondo por medio del n.musculocutáneo.

c) Elementos esqueléticos del carpo y metacarpo

En la *mano* se distinguen, de la parte proximal a la distal, los tres segmentos siguientes: *carpo, metacarpo* y *dedos*. Los elementos esqueléticos correspondientes son: *huesos carpianos, huesos metacarpianos* y *falanges de la mano*, que en el dedo pulgar son dos y en los demás dedos son tres (fig. **99**). La cavidad hueca de la mano se denomina *palma de la mano* y la parte opuesta *dorso de la mano*; el borde externo se denomina borde radial o del pulgar, y el borde interno borde cubital o del dedo meñique.

Topográficamente se delimita la mano hacia la parte proximal por una línea que une la base de la apófisis estiloides del radio con el vértice de la apófisis estiloides del cúbito. A ella corresponde aproximadamente el surco flexor distal de la palma de la mano, "Rascetta" (que en parte discurre en la región de los carpianos, fig. **99**). El límite distal de la mano en la cara palmar es marcado por los pliegues interdigitales, en el dorso de la mano por las cabezas de los huesos metacarpianos.

Los **huesos del carpo** están dispuestos en dos líneas (figs. **99, 100, 101** y **102**). La línea *proximal* consta de tres huesos: el *escafoides* en la cara radial; el *semilunar* en el centro, y el *piramidal* en la cara cubital. Como pequeño sesamoideo está el *hueso pisiforme* intercalado en el tendón del m.flexor cubital del carpo. Está encima del piramidal.
La línea *distal* de los huesos del carpo contiene 4 elementos esqueléticos. De radial a cubital: *trapecio, trapezoides, hueso grande* y *hueso ganchoso*. Las superficies proximales cubiertas de cartílago de la primera línea del carpo forman una cabeza articular ovalada para la articulación con el radio y el disco articular en la cabeza del cúbito. El contorno distal de la línea proximal de huesos se parece a una línea ondulada que en la parte cubital y radial presenta una cresta formada por el hueso escafoides y por el piramidal respectivamente. En la depresión entre las ondas se encajan desde la parte distal el hueso grande y el extremo proximal puntiagudo del hueso ganchoso.

El hueso trapecio posee en la parte distal una superficie articular en forma de silla de montar para el 1.^{er} metacarpiano y una pequeña faceta cartilaginosa para el 2.º metacarpiano cuya base de configuración en forma de surco se articula primordialmente con el hueso trapezoides. El hueso grande articula con el 3.^{er} metacarpiano; el hueso ganchoso presenta en la parte distal una superficie articular dividida para los metacarpianos 4.º y 5.º.

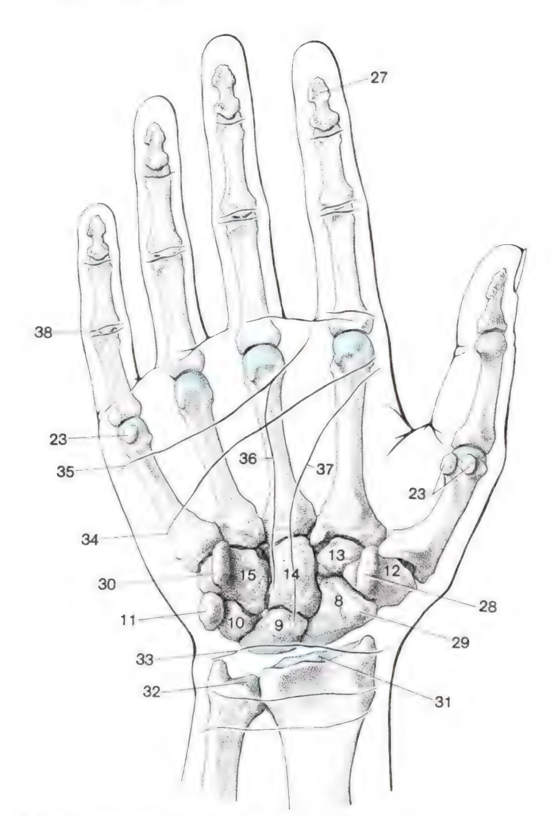
Las superficies que encajan recíprocamente de los carpianos de cada línea, al igual que las caras proximales y distales de los huesos del carpo, tienen revestimiento cartilaginoso y están en conexión articular entre sí: articulación intercarpiana.

Los huesos del carpo no yacen planos en un mismo plano. El hueso trapecio está claramente (unos 70º) angulado hacia la cara palmar. La cara dorsal de borde liso de ambas líneas carpianas está curvada en forma convexa en dirección transversal. La cara palmar forma un surco longitudinal, *surco carpiano*. El borde radial de este surco sobresale debido a una eminencia palpable a través de la piel, *tuberosidad escafoidea*, y por la *tuberosidad del trapecio* (fig. **99**). En la cara cubital sobresalen el *pisiforme*, palpable a través de la piel, y la *apófisis uniforme del hueso ganchoso*. Las eminencias de ambos lados, "eminencias carpianas", están unidas por un ligamento transverso, el *ligamento transverso del carpo* (figs. **103, 107** y **108**). De esta manera, el surco es cerrado formando el *canal carpiano*, a través del cual discurren los tendones de los flexores de los dedos.
Los 5 **huesos metacarpianos** son pequeños, típicos huesos tubulares (figs. **99** y **100**) El segmento medio corresponde al *cuerpo;* el extremo proximal es designado como *base,* y el extremo distal como *cabeza.*

La *base* posee en la parte proximal una superficie articular de configuración variable para los distintos metacarpianos para la unión con los carpianos distales. Se continúa en las caras laterales de engranaje recíproco de las bases. En el 1.er metacarpiano la superficie articular carpiana tiene forma de silla de montar. La base del 3.er metacarpiano discurre por la cara dorsal en una apófisis estiloides de situación radial (fig. **99**) en la que inserta el m.extensor corto radial del carpo. El 5.º metacarpiano tiene en la cara externa de la base una pequeña tuberosidad en la que se inserta el m.exterior cubital del carpo.
El *cuerpo* es similar a un prisma triangular. El borde palmar es de forma levemente cóncava en sentido longitudinal, la cara dorsal débilmente convexa. La *cabeza* es de forma esférica, en la cara palmar algo más ancha que en la dorsal, y articula con la falange fundamental. En cada lado existe una pequeña fosa en la que se adhieren ligamentos colaterales.

El *metacarpo* está abombado transversalmente, y proximalmente es más estrecho que distalmente, ya que los huesos metacarpianos son algo divergentes hacia la parte distal. En los espacios intermedios están los mm.interóseos. Las cabezas de los metacarpianos 2.º a 5.º están fuertemente unidas entre si por un potente ligamento metacarpiano transverso profundo (fig. **103**). El 1.er metacarpiano es el más corto y más fuerte, el 2.º metacarpiano es el hueso más largo.

A la **imagen radiológica** de los huesos del carpo le corresponde una múltiple importancia diagnóstica. Por la presentación temporal de los núcleos óseos pueden sacarse deducciones sobre el curso del desarrollo esquelético según la edad. En ocasiones se presentan huesos carpianos accesorios que pueden confundirse en la imagen radiológica con desprendimientos óseos.



Además de los huesos sesamoideos en la articulación carpometacarpiana del pulgar (2 en 100 %), y en la articulación carpometacarpiana del dedo meñique (hueso sesamoideo cubital es más del 80 %, fig. **99**), pueden formarse en las cabezas de los metacarpianos 2.º a 5.º de modo accesorio (casi siempre alrededor del 10.º año de vida).

La **osificación** de los huesos del carpo (fig. **79**) no comienza hasta después del nacimiento. Mientras que los núcleos de osificación en el hueso ganchoso (0-7 meses) y hueso grande (1-6 meses) se presentan con relativa precocidad y dentro de un margen temporal limitado, los restantes carpianos osifican (en la sucesión siguiente: piramidal, semilunar, trapecio, trapezoides, escafoides, pisiforme) casi siempre notablemente más tarde y en periodos temporales mucho más variables (el hueso pisiforme, por ejemplo, entre el 8.º y 12.º año de vida).

En los metacarpianos, la osificación diafisaria comienza al final del 2.º mes embrionario. Un núcleo óseo epifisario se presenta en el 1.er hueso metacarpiano

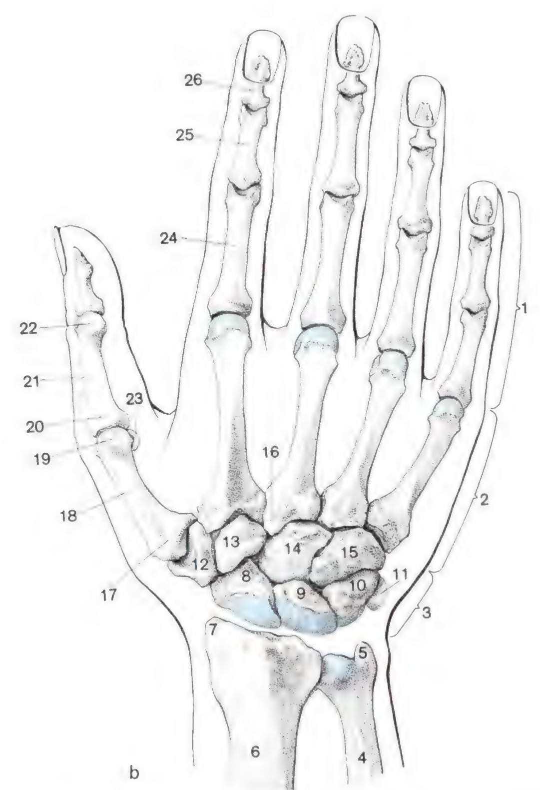


Fig. 99. **Esqueleto de la mano.**
a Visión palmar, relaciones de los surcos cutáneos de la palma de la mano
b Visión dorsal

1 Huesos de los dedos de la mano
2 Huesos metacarpianos (metacarpo)
3 Huesos carpianos (carpo)
4 Cúbito
5 Apófisis estiloides del cúbito
6 Radio
7 Apófisis estiloides del radio
8 Hueso escafoides
9 Hueso semilunar
10 Hueso piramidal
11 Hueso pisiforme
12 Hueso trapecio
13 Hueso trapezoideo
14 Hueso grande
15 Hueso ganchoso
16 Apófisis estiloides del 3.^{er} metacarpiano
17 Base de los huesos metacarpianos
18 Cuerpo de los huesos metacarpianos
19 Cabeza de los huesos metacarpianos
20 Base de la falange
21 Cuerpo de la falange
22 Cabeza de la falange
23 Hueso sesamoideo
24 Falange proximal
25 Falange media
26 Falange distal
27 Tuberosidad de la falange distal
28 Tuberosidad del hueso trapecio
29 Tuberosidad del hueso escafoides
30 Apófisis unciforme del hueso ganchoso
31 Carilla articular del radio
32 Circunferencia articular del cúbito
33 Surco de flexión distal por encima de la palma de la mano ("Rascetta")
34 Linea cephalica
35 Linea mensalis
36 Linea stomachica
37 Linea vitalis
38 Pliegue de flexión en la articulación media del dedo

en la epífisis *proximal*; en los restantes metacarpianos, en la epífisis *distal* entre el 2.° y 4.° año de vida. El cierre de las líneas epifisarias tiene lugar entre los 15 y 20 años.
Aisladamente, en niños desarrollados normalmente pueden también aparecer en el hueso metacarpiano 1.° (distal), 2.° ó 5.° (proximal), núcleos epifisarios adicionales que relativamente pronto (a partir del 6.° año) se fusionan con la diáfisis.

d) Cápsulas y aparato ligamentoso de las articulaciones de la mano

Como **articulaciones de la mano** (en sentido amplio) entendemos las articulaciones en la región del carpo que actúan conjuntamente en los movimientos de la mano. A ella pertenecen:
- la *articulación proximal*, articulación radiocarpiana,
- la *articulación distal*, articulación mediocarpiana,
- las uniones articulares de los huesos carpianos de la línea proximal o distal entre sí, *articulaciones intercarpianas,*
- las articulaciones del carpo con el metacarpo, *articulaciones carpometacarpianas,*
- las articulaciones entre las bases de los huesos metacarpianos, *articulaciones intermetacarpianas.*

Articulación proximal de la mano

En la *articulación radiocarpiana* (fig. **100**), la faceta articular carpiana del radio y la superficie de contorno triangular del disco articular que yace distal en la cabeza del cúbito forman la cavidad cotiloidea. Las superficies revestidas de cartílago de los tres carpianos proximales (escafoides, semilunar, piramidal) y los ligamentos interóseos que los unen forman la cabeza articular condílea notablemente mayor.
La *cápsula articular* está adherida al límite cartilaginoso de los huesos articulantes y al disco. La cavidad articular está en principio cerrada por todas partes, pero no obstante, en casi el 40 % de los casos existe una comunicación con la articulación del hueso pisiforme.

Frecuentemente (aproximadamente en un 25 %) la articulación proximal está en conexión con la articulación radiocubital distal (ante todo en hombres mayores) raramente con la articulación mediocarpiana (mediante fisuras entre el hueso ganchoso y escafoides o piramidal).

Estas conexiones de las cavidades articulares carecen de importancia para la mecánica pero permiten una rápida diseminación de inflamaciones.

La articulación proximal es, por la forma de las superficies articulares, una articulación condílea pura. Hace posible la flexión (flexión palmar) y extensión (flexión dorsal) de la mano (en torno al eje mayor transversal) y la abducción radial o cubital (en torno al eje pequeño de la articulación dirigido en sentido dorsopalmar). En la mano flexionada dorsalmente, el pliegue cutáneo transversal de situación proximal más alejada que se presenta en el carpo indica la situación de la línea articular.

Articulación distal de la mano

La *articulación mediocarpiana* (fig. **100**) posee una hendidura articular de configuración complicada, de forma ondulada, que está delimitada por la superficie distal de los carpianos proximales y por la cara proximal de los huesos carpianos distales. La serie proximal forma en la parte radial una gran cabeza articular y en la parte cubital una cabeza pequeña (hueso escafoides o segmento cubital del hueso piramidal), en el centro una profunda cavidad cotiloidea (escafoides, semilunar, piramidal) en la que se deslizan distalmente el hueso grande y el ganchoso.

La superficie articular de la serie carpiana distal está curvada en sentido antagónico. Además, ambas filas de huesos presentan un abombamiento transversal cóncavo en sentido palmar. La *cápsula* de la articulación mediocarpiana es rígida en la parte palmar, fláccida en la dorsal. Se adhiere correspondientemente en el límite de las superficies revestidas de cartílago. La cavidad articular de la articulación mediocarpiana, con numerosas depresiones, comunica con las hendiduras articulares de las articulaciones intercarpianas.

Uniones articulares dentro de las series carpianas

La unión articular de los carpianos de una serie entre sí tiene lugar en las *articulaciones intercarpianas* (fig. **100**). En la serie proximal, los carpianos son fijados por rígidos ligamentos intercarpianos interóseos, pero no de manera que no puedan desplazarse. Estos ligamentos limitan proximalmente la hendidura articular de las articulaciones intercarpianas, que —como mencionamos— se continúan hacia la parte distal en la cavidad articular de la articulación mediocarpiana. Los carpianos distales están fijados bastante fuertemente uno junto al otro por medio de ligamentos interóseos y sólo pueden desplazarse entre sí en grado muy pequeño. Si bien los ligamentos interóseos intercarpianos no cierran totalmente la hendidura articular, de manera que las artic.intercarpianas de la serie distal comunican en la parte proximal con la artic.mediocarpiana y en la distal con las artic.carpometacarpianas II-V. Unicamente el lig. interóseo situado entre el hueso grande y el hueso ganchoso puede ser tan potente que cierra la cavidad articular totalmente en la parte distal.

La **articulación del hueso pisiforme** constituye la unión articular del hueso pisiforme con el hueso piramidal. El pisiforme, como hueso sesamoideo, está alojado en el tendón del m.flexor cubital del carpo, que en sentido distal se continúa como lig.pisihamato hacia la apófisis del hueso ganchoso, como lig.pisimetacarpiano a las bases de los metacarpianos 4.º y 5.º. La superficie articular del hueso pisiforme es ligeramente cóncava, la superficie articular elipsoide del hueso piramidal está ligeramente abombada. La cápsula fláccida permite desplazamientos amplios del pisiforme.

Articulaciones carpo-metacarpianas

La *articulación carpo-metacarpiana del pulgar* (fig. **100**) es una articulación independiente que por la forma de las caras articulares en el trapecio y en el 1.^{er} metacarpiano es una articulación pura en silla de montar. La ancha y fláccida cápsula y el revestimiento cartilaginoso hasta de 1 mm

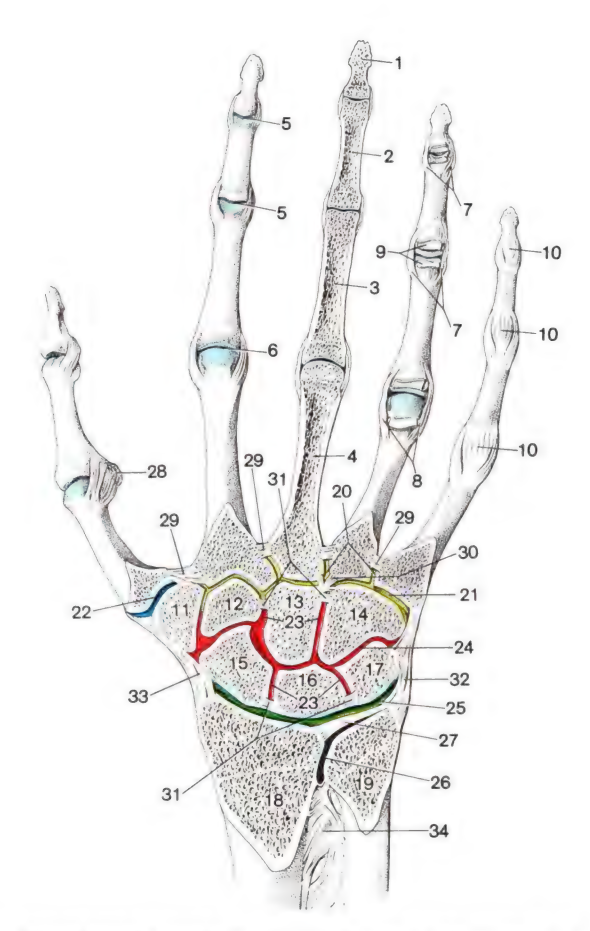


Fig. 100. **Corte frontal a través de la mano derecha: articulación de la mano y de los dedos.** Vista dorsal.
(Ligg.laterales representados en las articulaciones del pulgar y del dedo índice. Cápsulas articulares y ligamentos laterales dibujados en el 5.° dedo, cápsulas articulares en el 4.° dedo seccionadas y dobladas hacia atrás.)

- Hendidura articular de la articulación radiocubital distal
- Hendidura articular de la articulación radiocarpiana
- Hendidura articular de la articulación mediocarpiana y de las articulaciones intercarpianas
- Hendidura articular de las articulaciones carpometacarpianas y de las articulaciones intermetacarpianas
- Hendidura articular de la articulación carpometacarpiana del pulgar

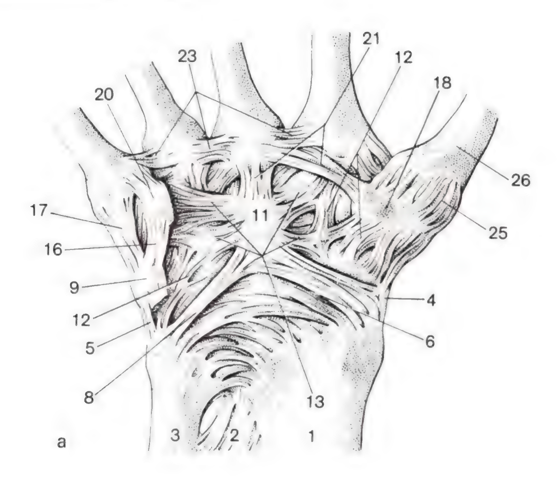
de espesor de la superficie articular permiten, no obstante, pasivamente una rotación, y con la oposición del pulgar está unida igualmente a una leve rotación del 1.^{er} metacarpiano. Una rotación voluntaria no es posible ya que para ello faltan los músculos necesarios.

Las articulaciones carpometacarpianas II-V (fig. **100**) son anfiartrosis rígidas que no permiten ningún movimiento digno de mención. La cavidad articular es casi siempre unitaria, pero puede también estar dividida en dos por un lig. carpometacarpiano interóseo (fig. **100**) que va del hueso grande a la base del 3.º y 4.º metacarpiano. Proximalmente está en contacto con las articulaciones intercarpianas; por la parte distal se continúa en la corta hendidura articular de las tres articulaciones intermetacarpianas (entre las bases de los metacarpianos 2.º y 5.º).

Ligamentos de las articulaciones de la mano

La mecánica de la articulación de la mano depende en gran medida de la acción de los ligamentos, los cuales unen los elementos esqueléticos y refuerzan la cápsula articular. Los fascículos fibrosos no están netamente delimitados y únicamente pueden aislarse artificialmente. Los ligamentos de la articulación proximal de la mano discurren casi siempre por la articulación mediocarpiana y se unen a los ligamentos de las articulaciones intercarpianas y carpometacarpianas tan estrechamente, que se origina una envoltura ligamentosa bastante cerrada del carpo y de las bases de los metacarpianos. Los ligamentos procedentes del radio son más potentes que los ligamentos de la parte cubital, los lig.palmares más fuertes que los dorsales.
El *lig.radiocarpiano palmar* (fig. **101**) se dirige desde la apófisis estiloides del radio y de la región limitante del borde distal del radio en dirección oblicua. Sus fascículos ligamentosos fuertes, ordenados en departamentos, se insertan en el hueso semilunar, en el piramidal y en el hueso grande. Un ligamento profundo va al escafoides. El *lig.radiocarpiano dorsal* (fig. **102**) más débil, va desde el radio, ante todo, al hueso piramidal y hueso grande.

◄ 1 Falange distal
2 Falange media
3 Falange proximal
4 Hueso metacarpiano III
5 Articulaciones interfalángicas II
6 Articulación metacarpofalángica II
7 Ligg.colaterales de la articulación terminal o metacarpofalángica del 4.º dedo
8 Ligg.colaterales de la articulación metatarsofalángica del 4.º dedo
9 Cápsula articular, cortada y doblada hacia atrás
10 Cápsula articular de las articulaciones de los dedos
11 Hueso trapecio
12 Hueso trapezoideo
13 Hueso grande
14 Hueso ganchoso
15 Hueso escafoides
16 Hueso semilunar
17 Hueso piramidal
18 Radio
19 Cúbito
20 Articulaciones intermetacarpianas
21 Articulaciones carpometacarpianas II-V
22 Articulación carpometacarpiana del pulgar
23 Articulaciones intercarpianas
24 Articulación mediocarpiana
25 Articulación radiocarpiana
26 Articulación radiocubital distal
27 Ligamento triangular
28 Hueso sesamoideo cubital en la articulación metatarsofalángica del pulgar
29 Ligg.metacarpianos interóseos
30 Lig.carpometacarpiano interóseo
31 Lig.intercarpiano interóseo
32 Lig.colateral cubital del carpo
33 Lig.colateral radial del carpo
34 Membrana interósea antebraquial



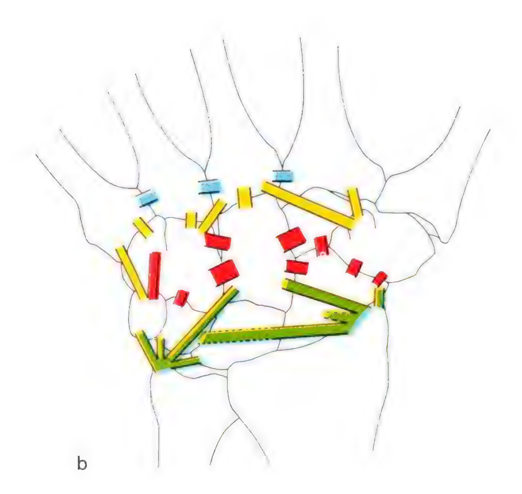


Fig. 101. **Ligamentos de la articulación de la mano.** Visión palmar.
a Ligamentos en la preparación
b Esquema de los ligamentos
Aclaración de las indicaciones referentes a las figuras 101 y 102
- Ligamentos entre los huesos del antebrazo y los huesos del carpo
- Ligamentos entre los huesos del carpo
- Ligamentos entre los huesos del carpo y del metacarpo
- Ligamentos entre los huesos metacarpianos

Ambos ligamentos discurren con la mayor parte de sus fibras en situación proximal con respecto al eje de abducción (centro del hueso grande). Por ello son tensados mediante la abducción radial.

El débil *lig.cubitocarpiano palmar* (fig. **102**) va desde la apófisis estiloides del cúbito y del borde distal de la cabeza cubital al hueso semilunar piramidal y hueso grande. Se tensa con la abducción cubital. Sus fibras forman con el lig.radiocarpiano palmar un ligamento en forma de arco, que abraza la cabeza del hueso grande y el hueso semilunar y reduce la flexión dorsal en la articulación proximal de la mano. Los ligamentos palmares son tensados en la supinación, los dorsales en la pronación.

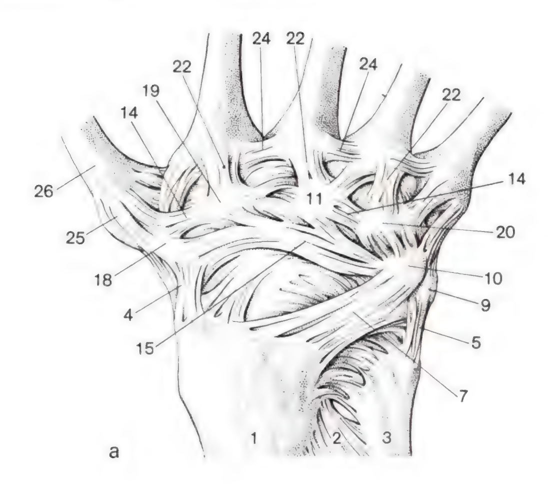
El *lig.colateral radial del carpo,* corto y potente (de la apófisis estiloides del radio al escafoides) se tensa con la abducción cubital; el débil *lig.colateral cubital del carpo* (de la apófisis estiloides del cúbito al hueso piramidal y pisiforme) lo hace con la abducción radial (figs. **100, 101** y **102**).

Se entiende por *ligamento radiado del carpo* (fig. **101**) los fascículos largos de los ligamentos intercarpianos palmares, que irradian procedentes del hueso grande y lo unen con los carpianos vecinos (exceptuando el semilunar).

Los haces dorsales largos superficiales, *lig.intercarpianos dorsales,* forman un ligamento arqueado que va desde el hueso escafoides al piramidal (fig. **102**) y que recubre la cabeza articular formada por el hueso grande y el ganchoso de la serie distal del carpo y evita que sufra un abombamiento en la flexión palmar. Los *ligg.intercarpianos palmares* y *dorsales* (figs. **101** y **102**) y los *ligg.intercarpianos interóseos* (fig. **100**) de fibras cortas saltan como un puente la cavidad articular entre dos huesos carpianos vecinos de una serie (en la cara palmar también entre la serie ósea proximal y distal) y construyen los carpianos en una trama resistente que únicamente permite desplazamientos de los huesos del carpo (y predominantemente de la línea proximal) a lo largo de las caras laterales.

Mediante los *lig.carpometacarpianos palmares, dorsales* e *interóseos* (figs. **100, 101** y **102**) y los *ligg. metacarpianos palmares, dorsales e interóseos* (figs. **100, 101** y **102**) las articulaciones carpometacarpianas II-V son reforzadas en rígidas anfiartrosis.

◄ 1 Radio
2 Membrana interósea antebraquial
3 Cúbito
4 Lig.colateral radial del carpo
5 Lig.colateral cubital del carpo
6 Lig.radiocarpiano palmar
7 Lig.radiocarpiano dorsal
8 Lig.cubitocarpiano palmar
9 Hueso pisiforme
10 Hueso piramidal
11 Hueso grande del carpo
12 Ligg.palmares intercarpianos
13 Lig.radiado del carpo
14 Fascículos cortos de los ligg.intercarpianos dorsales
15 Lig.arciforme formado por los fascículos largos superficiales de los ligg.intercarpianos dorsales
16 Lig.pisihamato
17 Lig.pisimetacarpiano
18 Hueso trapecio
19 Hueso trapezoide
20 Hueso ganchoso
21 Ligg.carpometacarpianos palmares
22 Ligg.carpometacarpianos dorsales
23 Ligg.metacarpianos palmares
24 Ligg.metacarpianos dorsales
25 Cápsula articular de la articulación carpometacarpiana I
26 Hueso metacarpiano 1.°



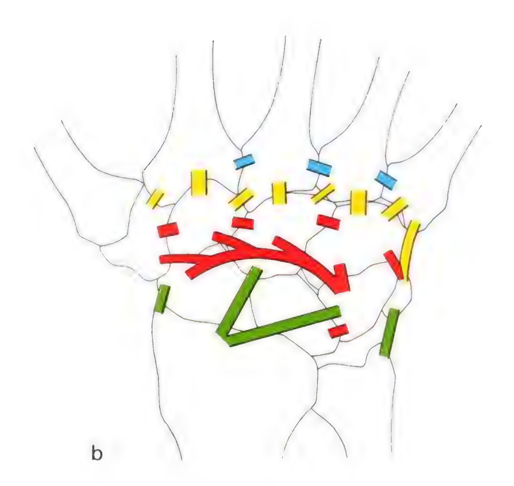


Fig. 102. **Ligamentos de la articulación de la mano.** Vista dorsal.
a Ligamentos en la preparación
b Esquema de los ligamentos
Explicación de las indicaciones → fig. 101

El *lig.metacarpiano transverso profundo* une las cabezas de los metacarpianos (en la cara palmar), los ligg.palmares y las vainas fibrosas del tendón flexor entre sí. Imposibilita una separación de los metacarpianos.

La *inervación de la cápsula articular* de la articulación de la mano tiene lugar en la cara palmar por ramos del n.cubital y del n.mediano (n.interóseo [antebraquial] anterior, r.palmar del n.mediano), en la cara dorsal por el r.dorsal del n.cubital y ramos del n.radial (n.cutáneo antebraquial posterior, n.interóseo [antebraquial] posterior) mientras que ramos del n.cutáneo antebraquial externo y el ramo superficial del n.radial se ramifican por la cara radial de la articulación de la mano tanto dorsal como palmar.
La cápsula de la articulación carpometacarpiana I es inervada por ramos del n.mediano (palmar), del n.cutáneo antebraquial externo y del n.radial (dorsal).

La *posición de relajación* de la articulación de la mano consiste en la posición normal de la mano, en la que las articulaciones están extendidas y los ejes longitudinales del antebrazo, del hueso grande y del tercer dedo están en una línea recta. En esta posición, o en flexión dorsal leve si es necesario, también se hacen rígidas las articulaciones de la mano. Una posición en reposo prolongada de la articulación de la mano se realiza en flexión dorsal media. Como quiera que los m.flexores palmares tienen predominancia sobre los extensores, podrían provocar o reforzar una flexión palmar que no permitiría el cierre con fuerza del puño. Entre las *fracturas* del hueso del carpo ocupa un lugar predominante la fractura del escafoides, cuya consolidación sufre en ocasiones un notable retraso (peligro de pseudoartrosis) (caída sobre la mano extendida, golpe hacia atrás de una manivela contra la palma de la mano).

Posibilidades de movimiento en las articulaciones de la mano

De un modo activo pueden realizarse
- *Flexión palmar* y *dorsal* (respectivamente hasta casi 90°) en torno a ejes *transversos,*
- *Abducción cubital* y *radial* (en total unos 60°) en torno a un eje *sagital.*

Los movimientos en torno a ambos ejes pueden ser objeto de combinación, con lo que la amplitud de la posible flexión no puede ser disminuida por una abducción simultánea (a diferencia de una articulación elipsoide construida por un técnico).
La flexión palmar tiene lugar predominantemente en la articulación proximal (la cavidad cotiloidea del radio mira hacia la parte palmar), la flexión dorsal en su mayor parte en la articulación distal de la mano (los ligamentos de freno son más fuertes en la articulación proximal de la mano). El eje de flexión transversal discurre en la articulación carpiana proximal por el hueso semilunar, en la articulación distal por el hueso grande. El eje principal dirigido en sentido dorsopalmar en los movimientos de abducción pasa por el centro del hueso grande.

A partir de la posición normal, en la que la mano con respecto al antebrazo ya está sometida a una abducción de 12° hacia la parte radial, se puede producir una abducción de unos 40° en sentido cubital, y alrededor de unos 15° en sentido radial. En consecuencia, la abducción cubital y radial a partir de la posición media son posibles en una misma amplitud aproximadamente (unos 30°).

En la abducción gira el cuerpo articular formado por la serie carpiana proximal en torno al eje de abducción, la serie distal del carpo es desplazada en el mismo sentido hacia la parte radial o cubital. En la abducción cubital el carpo es comprimido y acortado hacia el lado cubital, en la abducción radial hacia la parte radial.
En la abducción cubital, el hueso piramidal puede llegar a acercarse tanto al flexible disco articular, que para la serie carpiana distal que presiona en sentido cubital (especialmente para el hueso ganchoso) queda espacio libre suficiente. En la abducción radial, un acortamiento en el borde radial del cuerpo es solamente posible si el hueso escafoides es doblado hacia la parte palmar. Entonces podemos palparlo a través de la piel en la cara palmar. El hueso trapecio se desliza por la cara dorsal del hueso escafoides en sentido proximal.

Escasas rotaciones forzadas se presentan en la articulación radiocarpiana en caso de movimientos intermedios en los que son combinados movimientos de flexión y abducción. Las rotaciones son posibles pasivamente en limitada medida, sin embargo no pueden realizarse voluntariamente ya que falta el patrón de inervación para estos movimientos.

Las posibilidades de movimiento en la articulación carpometacarpiana I consisten en:

- Abducción y aducción del pulgar (35-40°) en torno a un eje oblicuo que va desde la parte dorsal y radial hasta la parte palmar y cubital.
- Oposición (flexión) y reposición (extensión) del pulgar (en total hasta 60°) en torno a un eje igualmente oblicuo (perpendicular al eje de abducción) que va desde palmar y radial hacia dorsal y cubital.

El movimiento de prensión en pinza, por el cual el pulgar es opuesto al dedo índice o medio flexionado y es movido hasta llegar al contacto (coger fuertemente, p. ej., una aguja) es un movimiento mixto. Puede considerarse compuesto por la realización de abducción, oposición, aducción y escasa rotación interna forzada del pulgar.

e) Acción de los músculos y grupos musculares en las articulaciones de la mano

La flexión palmar y dorsal en las articulaciones de la mano pueden ser realizadas con mucha más fuerza que la abducción radial o cubital. El rendimiento de los músculos flexores palmares es más que el doble que el de los flexores dorsales (extensores). Cada uno de los flexores largos de los dedos supera las posibilidades de trabajo de ambos flexores marginales. La acción de los flexores largos de los dedos sobre las articulaciones de la mano es tanto más intensa cuanto más extendidos están los dedos; el rendimiento del m.extensor de los dedos en la flexión dorsal de la mano es tanto mayor cuanto mayor sea la flexión de los dedos.

En las *articulaciones de la mano* ésta es objeto de:

– *flexión palmar* por los músculos flexor superficial de los dedos, flexor profundo de los dedos, cubital anterior, palmar mayor (relativamente poco) y flexor largo del pulgar,

mientras que la acción flexora del m.abductor del pulgar largo es poco importante y la del m. palmar menor es variable,

– *flexión dorsal* por los músculos extensor de los dedos, cubital posterior, radiales externos,

los músculos extensor del índice y extensor largo del pulgar ayudan este movimiento,

– *abducción radial,* ante todo por el m.primer radial externo, cuyo rendimiento es exactamente tan grande como el de todos los restantes abductores radiales juntos: m.segundo radial externo, abductor y extensor largo del pulgar, extensor del índice y palmar mayor,

– *abducción cubital* por los m.cubitales anterior y posterior.

Mediante la combinación de las acciones musculares pueden realizarse movimientos mixtos en las articulaciones de la mano.
En la *articulación carpometacarpiana I* no sólo actúan los músculos del antebrazo que se insertan en el 1.er metacarpiano (m. abductor largo del pulgar), en la primera falange del pulgar (m. extensor corto del pulgar), o en el miembro terminal (m.extensor o flexor largo del pulgar). Los movimientos en “la articulación en silla de montar del pulgar” son decisivamente realizados por los músculos de la yema del pulgar y los músculos interóseos dorsales I (origen en el 1.er hueso metacarpiano). Por tal motivo, la acción de todos estos músculos será comentada posteriormente (pág. 294).

En una **parálisis** del *n.mediano,* la flexión palmar sólo es posible más débilmente (mediante la parte cubital del m.flexor profundo de los dedos y del m.cubital anterior). En la abducción radial es entonces flexionada hacia la parte dorsal simultáneamente. En la parálisis cubital igualmente la flexión palmar sólo puede realizarse con potencia reducida, al igual que la abducción cubital. En una parálisis radial proximal de la división en ramo superficial y profundo, la mano cuelga hacia abajo en posición de flexión. Si la lesión afecta únicamente al ramo profundo del n.radial, la mano puede aún ser extendida recta, pero no se desvía en sentido radial (mm.radiales externos).

f) Canal carpiano y vainas tendinosas palmares

A través del *canal carpiano,* limitado por los huesos del carpo y el ligamento transverso del carpo, pasan el n.mediano y los tendones del flexor digital superficial y profundo hacia el departamento medio (cámara de los flexores de los dedos) de la palma de la mano. Igualmente cubierto por el ligamento transverso del carpo pero separado del propio canal del carpo por un tabique conjuntival, discurre el tendón del m.palmar mayor en un canal corto de situación radial hacia la base del 2.º hueso metacarpiano.

El canal carpiano une el antebrazo con la región profunda de la palma de la mano y hace posible la diseminación de inflamaciones, colecciones sanguíneas, etc., entre las dos regiones.

En el estrecho canal que los cirujanos denominan también el túnel del carpo, por múltiples causas el n.mediano puede ser lesionado por compresión, de manera que se presentan trastornos de la sensibilidad, más tarde también fallos motores de los músculos del pulgar inervados por el n.mediano: *Síndrome del túnel del carpo.*

Vainas tendinosas carpianas. En la región del carpo, el tendón del m.palmar mayor, el tendón del flexor largo del pulgar y los tendones de los flexores de los dedos están respectivamente envueltos en *vainas tendinosas* (fig. **103**). La corta *vaina sinovial tendinosa del m.palmar mayor* pasa por fuera del propio canal carpiano hasta la base del hueso metacarpiano 2.°. La estrecha *vaina sinovial tendinosa del m.flexor largo del pulgar* se encuentra en la parte radial del canal carpiano, la ancha *vaina sinovial común de los mm.flexores* cubitales. Ambos sacos sinoviales en la parte proximal llegan más arriba de la articulación radiocarpiana.
La vaina tendinosa sinovial del m.flexor largo del pulgar termina distalmente en la base de la falange terminal del pulgar. La parte digital y carpiana de esta vaina tendinosa constituye con ello una unidad. Igualmente la vaina tendinosa digital de los tendones flexores para el 5.° dedo (en general) está en conexión con la vaina sinovial común carpiana. En los tendones para el 2.°-4.° dedo ésta termina, sin embargo, a la altura de la base de los metacarpianos.

Vainas tendinosas digitales. En la cara palmar de los dedos, los tendones de ambos flexores de los dedos están encerrados por una vaina doble. Están rodeados por vainas fibrosas, *vainas fibrosas de los dedos de la mano,* que determinan la dirección del trayecto de los tendones en el hueso y poseen vainas sinoviales tendinosas, *vainas sinoviales tendinosas de los dedos de la mano,* que facilitan el deslizamiento sin obstáculos de los tendones dentro de la envoltura ligamentosa (figs. **15** y **103**).

Las vainas fibrosas de los dedos de la mano forman con la cara palmar de las falanges un canal osteofibroso en cada dedo, que posee en la región del cuerpo de la falange una potente estructura parietal conjuntival; por el contrario, en las proximidades de la articulación es de pared delgada. Los haces fibrosos oblicuos de la vaina fibrosa se denominan *parte cruciforme,* los anillos transversales, estrechos, se designan *parte anular de la vaina fibrosa* (fig. **103**). Las vainas tendinosas sinoviales del 2.°-4.° dedo van desde la cabeza de las falanges medias hasta la cabeza de los huesos metacarpianos. La hoja interna y externa de las vainas mucosas están unidas en la parte proximal con respecto a la inserción del tendón por fascículos conjuntivales tendinosos (fig. **104**).

En caso de inflamación de la vaina tendinosa del pulgar o del dedo meñique, el proceso puede extenderse a la parte proximal en el segmento carpiano de

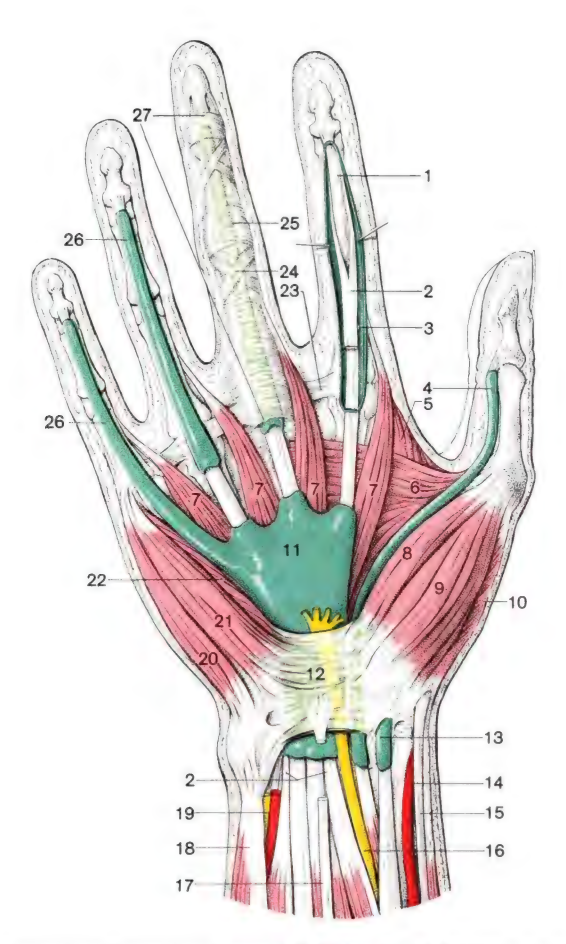


Fig. 103. **Vainas tendinosas carpianas y digitales de los flexores de los dedos.**

1 Tendón del m.flexor profundo de los dedos de la mano
2 Tendón(es) del m.flexor superficial de los dedos de la mano
3 Vaina tendinosa sinovial abierta de los tendones flexores del dedo índice
4 Vaina sinovial del tendón del m.flexor largo del pulgar
5 M.interóseo dorsal I
6 M.aductor del pulgar
7 Mm.lumbricales I-IV
8 M.flexor corto del pulgar
9 M.abductor corto del pulgar
10 M.oponente del pulgar
11 Vaina sinovial común de los mm.flexores
12 Lig.transverso del carpo
13 Vaina sinovial tendinosa del m.palmar mayor
14 A.radial
15 Tendones de los mm.abductor largo del pulgar y extensor corto del pulgar
16 N.mediano
17 Tendón del m.palmar menor, interrumpido
18 M.cubital anterior
19 A. y n.cubital, seccionados
20 M.abductor del dedo meñique
21 M.flexor corto del dedo meñique
22 M.oponente del dedo meñique
23 Lig.metacarpiano transverso profundo
24 Parte cruciforme de la vaina fibrosa
25 Parte anular de la vaina fibrosa
26 Vainas sinoviales tendinosas de los dedos de la mano
27 Vaina fibrosa del dedo medio

la vaina tendinosa. Los gérmenes causales pueden atravesar la delgada pared de separación entre ambos sacos sinoviales y pasar de este modo a la vaina tendinosa del tendón del dedo meñique o de la vaina del m. flexor largo del pulgar, emigrando hacia la parte distal. Finalmente, puede presentarse el típico cuadro de los flemones en V.

El desarrollo de la vaina tendinosa puede desviarse del patrón anteriormente descrito. En recién nacidos, las vainas tendinosas digitales están aún separadas de las carpianas. La fusión puede no tener lugar en la parte del meñique (5 %), en ocasiones también en el tendón del flexor largo del pulgar. En estos casos no es posible la formación de un flemón en V. También puede variar el desarrollo de las bolsas sinoviales, en el sentido que, p. ej., el saco sinovial radial también encierra los tendones flexores del 2.° dedo, o existe una tercera bolsa intermedia.

3. Mano y dedos

a) Elementos esqueléticos de los dedos

Los **huesos de los dedos** son huesos tubulares cortos. Los dedos 2.° a 5.° poseen respectivamente una *falange proximal, una media* y *una distal* (figs. **99** y **100**). En el *pulgar* únicamente existen 2 falanges.
El extremo proximal de cada falange se denomina *base;* el segmento medio, *cuerpo,* y el extremo distal *cabeza de la falange.* La base de cada falange proximal posee una cavidad esférica para la cabeza del correspondiente metacarpiano. La cabeza en la falange proximal y media tiene forma de tróclea. En el surco de conducción de la tróclea se desliza una guía de la base de la falange media o distal.

El segmento medio de cada falange es plano en la parte palmar (superficie de colocación de los tendones de los flexores de los dedos); en la cara dorsal es redondeada. La cabeza de las falanges distales es aplanada. La superficie áspera en la cara palmar es denominada tuberosidad de la falange distal (fig. **99**). A ella están adheridas fibras conjuntivales rígidas que proceden de las yemas táctiles de los dedos.

La **osificación** de las falanges (fig. **79**) comienza en las diáfisis en el 3.° mes embrionario (ordenación: falange distal, proximal, media). Los núcleos epifisarios proximales se presentan en el 1.°-3.^{er} año de vida. Las líneas epifisarias cartilaginosas desaparecen a los 20-24 años.

b) Cápsulas y ligamentos de las articulaciones de los dedos

La **articulación proximal de los dedos,** *articulación metacarpofalángica II-V,* es correspondientemente una articulación esférica (fig. **100**).

La cabeza articular formada por la cabeza del hueso metacarpiano corresponde a un corte de un manto esférico que está ensanchado por la parte palmar y termına en dos tuberosidades entre las que está fijada fuertemente la vaina tendinosa de los

flexores de los dedos. La cavidad cotiloidea regularmente excavada en la base de la falange proximal tiene su máximo diámetro en dirección radiocubital.

La *cápsula articular* es ancha y fláccida; mediante la tracción fuerte en el dedo extendido puede desprenderse la cavidad articular de la cabeza. En la cara palmar está incluido en la pared capsular el *lig.palmar*, una placa fibrocartilaginosa que aumenta el tamaño de la cavidad cotiloidea por la parte proximal. Los *ligamentos laterales* se originan en la superficie lateral de la cabeza de los huesos metacarpianos, discurren dorsalmente al eje de flexión en dirección palmar y distal y se adhieren lateralmente al borde de la cavidad cotiloidea de las falanges proximales (figs. **100** y **104**).

La **articulación proximal del pulgar** es una articulación en tróclea. Considerando la forma de las caras articulares, la disposición de los ligamentos laterales y la realización del movimiento, corresponde a las articulaciones interfalángicas.

En la cápsula de la articulación proximal de la cara palmar —a la altura del metacarpiano—, en la articulación proximal del pulgar, están incluidos regularmente un hueso sesamoideo radial y uno cubital. En la articulación proximal del dedo meñique, con frecuencia se ha formado (por encima del 80 %) un hueso sesamoideo cubital. También en las restantes articulaciones de los dedos pueden existir huesos sesamoideos radiales o cubitales.

Las **articulaciones media y distal** de los dedos (inclusive la *articulación distal del pulgar)*, articulaciones interfalángicas de las manos, son puras articulaciones en charnela (fig. **100**).
En la parte palmar, en la *cápsula* de la articulación media y distal está incluida una placa fibrosa resistente, el *lig.palmar*, que completa la cavi-

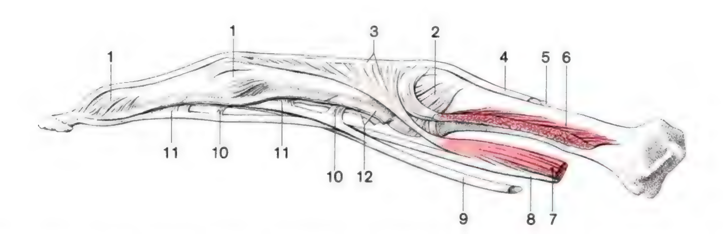


Fig. 104. **Articulaciones de los dedos, tendones de los flexores largos de los dedos, m.lumbrical y m.interóseo dorsal.** Vista del dedo índice derecho desde la parte radial.

1 Lig.colateral de la articulación media y distal
2 Lig.colateral de la articulación proximal
3 Aponeurosis dorsal
4 Tendón del m.extensor de los dedos
5 Tendón del m.extensor del índice
6 M.interóseo dorsal I
7 M.lumbrical I
8 Tendón del m.flexor profundo de los dedos (m.perforans)
9 Tendón del m.flexor superficial de los dedos (m.perforatus)
10, 11 Brida tendinosa
10 Brida larga
11 Brida corta
12 Vaina fibrosa (abierta)

dad cotiloidea por la zona proximal. Los fuertes *ligamentos colaterales* aseguran la realización del movimiento (figs. **100** y **104**). En cada posición articular están tensadas una parte de sus fibras.

La *inervación* de las articulaciones metacarpofalángicas en la zona palmar tiene lugar mediante ramos del r.profundo del n.cubital y de los nn.digitales palmares propios, en la parte dorsal a través del r.profundo del n.cubital, que entre las dos cabezas de origen de los mm.interóseos dorsales alcanzan a la parte dorsal, y por los mm.digitales dorsales. La articulación media y distal son inervadas por los correspondientes nervios cutáneos.

La *posición de relajación* de las articulaciones de los dedos en exudados articulares consiste en una flexión intermedia. En esta posición se colocan también las articulaciones para el reposo (prevención de la contractura desfavorable de la posición en extensión) y en un caso dado adquieren rigidez (funcionalmente la posición más favorable para la prensión).

Los *exudados articulares* son siempre visibles en la parte dorsal de las articulaciones, ya que se arquea la delgada pared capsular dorsal.

Las *luxaciones* de las falanges de los dedos se presentan casi exclusivamente hacia la parte dorsal (a partir de la posición de hiperextensión, por ejemplo jugando al baseball). Es frecuente una luxación de la falange proximal del pulgar en sentido dorsal en caso de caída sobre la mano libre (casi el 5 % de todas las luxaciones).

Relaciones de situación de los pliegues digitales. Los pliegues de flexión de los dedos (figs. **99** y **100**) se encuentran en la región de las articulaciones proximales II-IV en dirección distal, y en la zona de las articulaciones distales en sentido proximal a la hendidura articular. El surco de flexión proximal en la articulación proximal del pulgar y los pliegues de flexión en las articulaciones medias de los dedos corresponden a las hendiduras articulares. En la cara de extensión sobresalen con los dedos flexionados las cabezas de los huesos metacarpianos en todas las articulaciones. La hendidura articular se encuentra constantemente distal con respecto a las falanges.

Las posibilidades de movimiento en la articulación proximal del pulgar existen en la

- *flexión* (hasta unos 70º y *extensión* (hasta la posición de extensión —o variando individualmente— hasta una hiperextensión más o menos clara) en torno a un eje *"horizontal"*.

Las posibilidades de movimientos en las articulaciones proximales de los dedos 2.º-5.º existen en la

- *Flexión* (aprox. 90º) y *extensión* (activa unos 20º o individualmente superior) en torno a ejes *horizontales*.
- *Abducción radial* y *cubital* (con articulación proximal extendida) en torno a ejes *dorsopalmares*.

A partir de la posición axial adecuada, el dedo índice puede abrirse unos 15° en sentido radial y unos 45° sobre el dedo medio flexionado (en posición normal) en sentido cubital. Los propios dedos medios podemos abducirlos en unos 20° en dirección cubital o radial. El anular y meñique pueden separarse en unos 20 ó 25° y aducirse tanto con respecto al dedo medio que cruzan por encima o por debajo del dedo vecino extendido.

Con la progresiva flexión palmar, la capacidad de separación de los dedos se limita cada vez más y llega a anularse. La causa de la anulación del movimiento de abducción de los dedos es la tensión de los ligamentos colaterales; pues en la flexión palmar se alejan el punto de origen y el de inserción de los ligamentos. Además, entonces éstos discurren aún más por el más ampliado segmento palmar de la cabeza articular. Por ello llegan a estar tan tensados que ya no permiten una abducción de las falanges proximales.

El dedo extendido puede ser girado pasivamente en la articulación proximal en torno a su eje longitudinal (hasta unos 50°). Una rotación voluntaria no es posible, ya que el sistema nervioso central no da la corrrespondiente orden a la musculatura. Una rotación forzada en las articulaciones proximales de los dedos tiene lugar en movimientos mixtos (combinación de flexión pura y abducción pura).

Posibilidades de movimientos en las articulaciones medias y distales de los dedos.
Las *falanges medias* pueden ser:
— *flexionadas* (hasta aproximadamente 110°) y *extendidas* (casi siempre sólo hasta el plano del dorso de la mano),
En la *articulación del pulgar* y en las *articulaciones distales de los dedos* es posible una
— *flexión* (hasta unos 70°) y una *extensión* (frecuentemente hasta una leve hiperextensión).

c) Clasificación e inervación de los músculos cortos de la mano

Los movimientos fuertes de los dedos son realizados mediante los músculos largos del antebrazo. Para el movimiento delicado de los dedos se dispone de músculos cortos que se originan en la región de la mano. Todos ellos son derivados de los músculos ventrales de la extremidad superior, o sea flexores en sentido genético. Para las especiales misiones del pulgar y del meñique existen grupos musculares especiales cuya masa muscular origina en la zona metacarpiana dos eminencias de la cara palmar, la *del pulgar, tenar*, y la *del dedo meñique, hipotenar.* Entre estos dos grupos musculares yacen en un estuche medio los tendones de los flexores largos de los dedos y los mm.lumbricales que se originan en los tendones de los flexores profundos. Los espacios situados entre los huesos metacarpianos son rellenados por los mm.interóseos.
Los músculos de la eminencia tenar o hipotenar están rodeados respectivamente por una fascia muscular que está fijada al hueso metacarpiano

1.º ó 5.º respectivamente. Los segmentos de estas fascias dirigidos hacia la cara palmar forman simultáneamente las partes marginales de la fascia superficial de la palma de la mano (fig. **107**), cuya parte media es reforzada en la aponeurosis palmar. Los espacios interóseos del metacarpo son aislados por una fascia palmar profunda en la cara palmar y por una fascia dorsal profunda en la parte dorsal (fig. **107**). Ambas fascias están ancladas en los metacarpianos. Además de los cuatro espacios interóseos metacarpianos se delimitan —en la palma de la mano— tres cámaras (estuches) delimitadas por las fascias: cámara media, cámara tenar y cámara hipotenar. La cámara media (estuche de los flexores de los dedos) comunica en la parte proximal por el canal del carpo (a lo largo de los tendones flexores) con los espacios conjuntivales del antebrazo. En la parte distal existen conexiones con la cara palmar de los dedos (vías de diseminación de inflamaciones).

Los estuches de la yema del pulgar y del meñique están cerrados en la parte proximal. Están en comunicación con el estuche medio a través de orificios para los nervios y vasos, que no obstante son tan estrechos que no permiten ninguna diseminación rápida de inflamaciones. Las infecciones en la cámara tenar o hipotenar no pueden, pues, extenderse al antebrazo y provocan rápidamente estados de tensión dolorosa. A través de los espacios interóseos cerrados del metacarpo pasan ramas venosas y arteriales que comunican el sistema vascular del dorso de la mano con ramas del arco palmar profundo (→ r.perforantes). A lo largo de estos vasos pueden extenderse inflamaciones desde la palma de la mano al dorso de la misma. En el dorso de la mano se presentan edemas (= hinchazón por mayor acúmulo difuso de agua en los tejidos) como consecuencia de procesos infecciosos en la región de la palma de la mano, ya que en ésta la aponeurosis palmar no permite su dispersión a la superficie.

La **aponeurosis palmar**, como parte media de la fascia palmar superficial entre la yema del pulgar y del dedo meñique forma una placa conjuntival triangular resistente a la tracción dura, que proximalmente está fijada al ligamento transverso del carpo y que se extiende hacia la parte distal en forma de departamentos (figs. **96** y **107**). Consta de fascículos longitudinales y haces de fibras transversas (*fascículos transversos*). Los fascículos longitudinales terminan en la cabeza de los metacarpianos, en las vainas fibrosas de los tendones flexores largos y en el tejido subcutáneo en la base de las falanges proximales. El lig.transverso más alejado distalmente, el *lig.metacarpiano transverso superficial*, forma la base ligamentosa de los pliegues interdigitales de la piel ("piel de nadador"). A través de la grasa subcutánea entre la aponeurosis palmar y el cutis, numerosas fibras van desde la superficie de la aponeurosis a la piel y limitan pequeñas cámaras de presión prácticamente inmodificables.

Proximalmente penetra en la aponeurosis palmar el m.palmar menor, que puede tensarla. Desde el borde cubital de la parte media reforzada de la aponeurosis va a la piel de la yema del dedo meñique el m.palmar cutáneo, cuya contracción endu-

rece la almohadilla subcutánea formada por el tejido graso y el cutis (fig. **107**). Simultáneamente protege los vasos cubitales.

La aponeurosis palmar protege a los músculos, tendones, vasos y nervios de la palma de la mano de las lesiones locales por compresión, y forma conjuntamente con las cámaras de presión subcutáneas y la piel de la palma de la mano, especialmente dura y fuertemente queratinizada, una fuerte resistencia cuando se agarra un objeto mediante el fuerte cierre del puño.

Una retracción cicatricial de la aponeurosis palmar (contractura de Dupuytren) fuerza a los dedos en las articulaciones proximales en posición de flexión y da lugar a una limitación de la movilidad en las articulaciones de los dedos.

Músculos de la región tenar

A las especiales posibilidades de movimientos de la articulación carpometacarpiana I responde la clasificación y diferenciación de los músculos cortos del pulgar. Su principal misión consiste en oponer el pulgar y colocarlo frente a los restantes dedos y también frente a la palma de la mano, de manera que ésta pueda actuar como pinza de prensión.

Además de los músculos cortos del pulgar (m.oponente del pulgar, flexor corto del pulgar y aductor del pulgar (fascículo oblicuo) en la oposición actúa también el flexor largo del pulgar, los mm. extensor largo del pulgar, extensor corto del pulgar y abductor largo del pulgar.

Con excepción del m.aductor del pulgar, todos los músculos de la región tenar se originan del ligamento transverso del carpo y del borde radial del conducto carpiano (tuberosidad del hueso escafoides, tuberosidad del hueso trapecio).

El **m.abductor corto del pulgar** (figs. **103, 105** y **107**) está situado superficialmente y cubre el m.oponente del pulgar casi por completo. Se origina del ligamento transverso del carpo y de la tuberosidad del escafoides y se inserta en el hueso sesamoideo radial incluido en la cápsula de la articulación proximal del pulgar, en el borde externo de la base de la falange proximal y en la aponeurosis dorsal.

Inervación: N.mediano.

El n.mediano se ramifica debajo del ligamento transverso del carpo en los ramos para la musculatura de la yema del pulgar y los nn.digitales palmares comunes.

El **m.oponente del pulgar** (figs. **103, 105** y **107**) cruza por debajo el m.abductor corto del pulgar en ángulo agudo y va del lig.transverso del carpo y del hueso trapecio a la cara radial del 1.^{er} hueso metacarpiano.

Inervación: N.mediano.

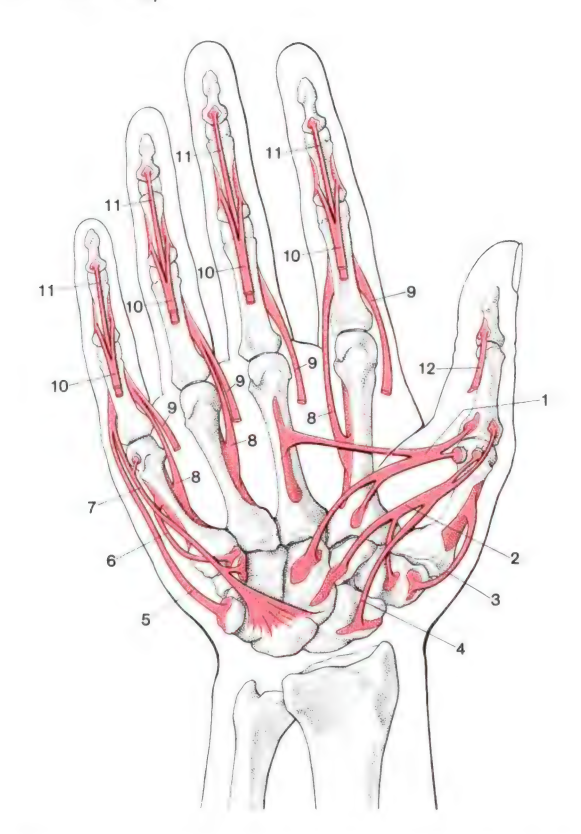


Fig. 105. **Músculos cortos de la mano y tendones del flexor largo de los dedos.** Vista palmar.
(Mm.interóseos dorsales → fig. 106)

1 M.aductor del pulgar
2 M.flexor corto del pulgar
3 M.oponente del pulgar
4 M.abductor corto del pulgar
5 M.abductor del dedo meñique
6 M.oponente del dedo meñique
7 M.flexor corto del dedo meñique
8 Mm.interóseos palmares I-III
9 Mm.lumbricales I-IV
10 Tendón del m.flexor superficial de los dedos
11 Tendón del m.flexor profundo de los dedos
12 Tendón del m.flexor largo del pulgar

El **m.flexor corto del pulgar** (figs. **103, 105** y **107**) está en posición medial respecto del m.abductor corto del pulgar. Por medio del tendón del m.flexor largo del pulgar su porción de origen se divide en un fascículo superficial que está adherido al lig.transverso del carpo, y un fascículo profundo que sale de los carpianos radiales distales (ambos fascículos son de proce-

dencia distinta genéticamente). El tendón distal del m.flexor corto del pulgar se fusiona con el tendón del m.abductor corto del pulgar y, como él, se inserta en el hueso sesamoideo radial, en la falange proximal del pulgar y en la aponeurosis dorsal.

Inervación: Fascículo superficial del n.mediano, fascículo profundo del r.profundo del n.cubital.

El **m.aductor del pulgar** (figs. **103, 105** y **107**) se origina, cubierto por la aponeurosis palmar, los tendones de los flexores largos de los dedos y los mm.lumbricales I y II, con un *fascículo oblicuo* del hueso grande, de los ligamentos que parten del mismo y de la base del 2.º hueso metacarpiano, con un *fascículo transverso* que discurre por la profundidad de la palma de la mano, de la superficie palmar del 3.er hueso metacarpiano. El tendón terminal común de ambos fascículos se inserta en el hueso sesamoideo de la articulación proximal del pulgar y en la base de la falange proximal del pulgar (fig. **95**).

En la abducción del pulgar, el borde muscular distal se desliza en la "piel relajada de nadador" situada entre el pulgar y el dedo índice, que también incluye el m.interóseo dorsal I.

Inervación: R.profundo del n.cubital.

Músculos de la región hipotenar

Los músculos de la región hipotenar están ordenados en 3 capas. El *m.palmar cutáneo* es el más superficial, por fuera de la cámara hipotenar (fig. **107**). Va desde el borde cubital de la aponeurosis palmar a la piel de la yema del dedo meñique y es inervado por el r.superficial del n.cubital. Los músculos de la 2.ª y 3.ª capa que son inervados por el r.profundo del n.cubital van desde el lig.transverso del carpo y del borde cubital del surco carpiano a la falange proximal del 5.º dedo (2.ª capa: mm.abductor del dedo meñique, flexor corto del dedo meñique) o al 5.º hueso metacarpiano (3.ª capa: m.oponente del dedo meñique).

El **m.abductor del dedo meñique** (figs. **103, 105** y **107**) se origina del hueso pisiforme, del lig.,pisihamato y del lig.transverso del carpo. Se inserta en el borde cubital de la base de la falange proximal del dedo meñique y penetra en la aponeurosis dorsal.

Inervación: R.profundo del n.cubital.

El **m.flexor corto del dedo meñique** (figs. **103, 105** y **107**) se incluye —casi siempre sin límite marcado— hacia la parte radial y parte del lig.transverso del carpo y de la apófisis del hueso ganchoso. Se fusiona en la inserción con el m.abductor del dedo meñique.

Inervación: R.profundo del n.cubital.

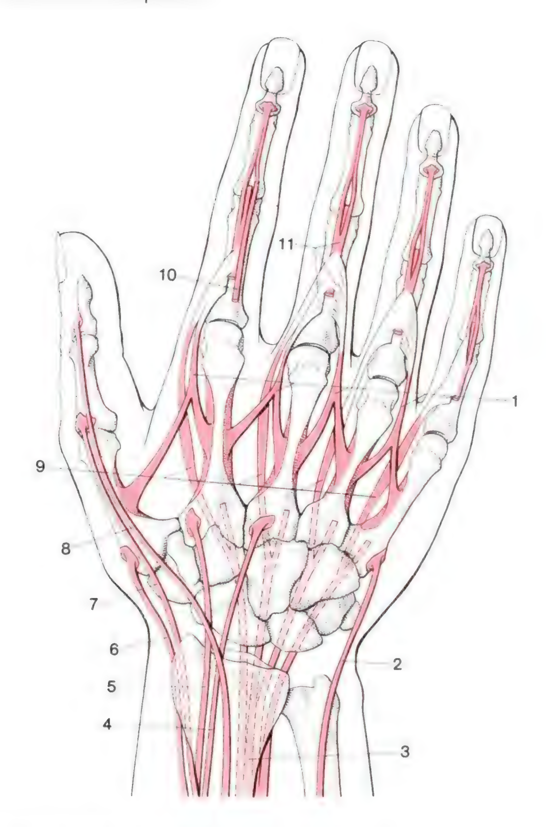


Fig. 106. **Músculos del antebrazo y mano.** Vista dorsal.
(Mm.interóseos palmares → fig. 105)

1 Mm.interóseos dorsales I-IV
2 M.cubital posterior
3 M.flexor profundo de los dedos (dibujado desde la cara palmar, tendones seccionados distalmente al origen de los mm.lumbricales)
4 M.primer radial externo
5 M.segundo radial externo
6 M.abductor largo del pulgar
7 M.extensor corto del pulgar
8 M.extensor largo del pulgar
9 Mm.lumbricales I-V
10 Tendón del m.extensor del índice
11 Aponeurosis dorsal de los dedos (seccionada)

El **m. oponente del dedo meñique** (figs. **103, 105** y **107**) se halla debajo de los dos músculos antes citados. Va desde la apófisis del hueso ganchoso y del lig.transverso del carpo al borde cubital del 5.º hueso metacarpiano y puede levantarlo alto en sentido palmar, de manera que el arqueamiento de la palma de la mano se hace más profundo (cuando se coge agua con las manos).

Inervación: R.profundo del n. cubital.

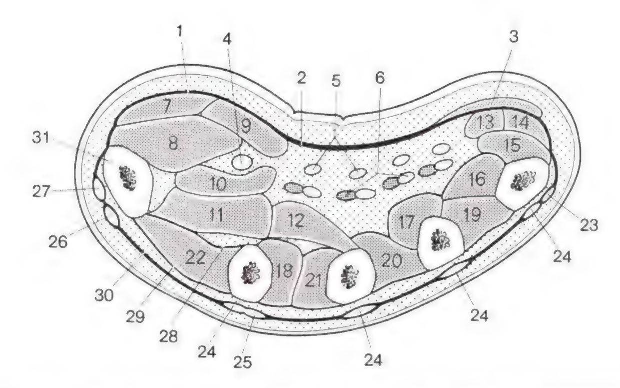


Fig. 107. **Corte horizontal en la región metacarpiana derecha.** Disposición de las fascias, músculos y tendones. Vista distal de la superficie de corte. (Denominación de los vasos y nervios → fig. 109)

1 Aponeurosis palmar superficial
2 Aponeurosis palmar media
3 M.palmar corto
4 Tendón del m.flexor largo del pulgar
5 Tendones del m.flexor superficial de los dedos
6 Tendones del m.flexor profundo de los dedos y mm.lumbricales
7 M.abductor corto del pulgar
8 M.oponente del pulgar
9 Fascículo superficial } de m. flexor corto
10 Fascículo profundo } del pulgar
11 Fascículo oblicuo
12 Fascículo transverso
13 M.flexor corto del dedo meñique
14 M.abductor del dedo meñique
15 M.oponente del dedo meñique
16 M.interóseo palmar III
17 M.interóseo palmar II
18 M.interóseo palmar I
19 M.interóseo dorsal IV
20 M.interóseo dorsal III
21 M.interóseo dorsal II
22 M.interóseo dorsal I
23 Tendón del m.extensor del dedo meñique
24 Tendones del m.extensor de los dedos
25 Tendón del m.extensor del índice
26 Tendón del m.extensor largo del pulgar
27 Tendón del m.extensor corto del pulgar
28 Aponeurosis palmar profunda
29 Aponeurosis dorsal profunda
30 Aponeurosis dorsal superficial
31 1.er hueso metacarpiano

Músculos de la cámara media (o región palmar media)

Los cuatro **mm.lumbricales** (figs. **104, 105, 106** y **107**) nacen respectivamente de la cara radial de los tendones del m.flexor profundo de los dedos y son, por tanto, tensados en la contracción de este músculo. Discurren en situación palmar con respecto al lig.metacarpiano transverso profundo —y con ello también en situación palmar con respecto al eje de flexión de la correspondiente articulación proximal de los dedos— en sentido distal. Sus tendones entran desde la parte radial en la aponeurosis dorsal. Las fibras proximales del tendón de inserción discurren en trayecto casi horizontal por la cara dorsal de la falange proximal, las distales oblicuamente a la cara dorsal de la falange media y distal de los dedos.
Inervación: los dos mm.lumbricales radiales (I, II) son inervados por el n.mediano. Los mm.lumbricales cubitales (III, IV) por el r.profundo del n.cubital. Con frecuencia el m.lumbrical III recibe aún un ramo del n.mediano.

Músculos en los espacios interóseos metacarpianos

Los *músculos interóseos* son derivados de los m.flexores profundos cortos de los dedos de los vertebrados inferiores (o sea músculos ventrales de las extremidades). Cruzan los ejes de flexión de las articulaciones proximales de los dedos igualmente por la cara palmar.
Inervación de los mm.interóseos: r.profundo del n.cubital.

Los tres mm.interóseos palmares han conservado su situación de origen en la cara palmar; los mm.interóseos dorsales se han desplazado hacia la parte dorsal y son visibles debajo de los tendones extensores en el dorso de la mano, después de extirpada la fascia profunda del dorso de la mano.

Los **mm. interóseos palmares** (figs. **105** y **107**) parten respectivamente de un hueso metacarpiano y se insertan en la aponeurosis dorsal del dedo correspondiente. Están dispuestos de tal manera que pueden acercar el 2.º, 4.º y 5.º dedo al dedo medio, al que le falta un m.interóseo palmar. El m.interóseo palmar I yace por tanto en el lado cubital del 2.º metacarpiano; los músculos interóseos II y III salen de la parte radial de los metacarpianos 4.º y 5.º. Los músculos interóseos palmares se insertan en el eje longitudinal del dedo medio; los músculos interóseos dorsales se insertan alejándose de este eje. (El interóseo palmar del pulgar está incluido en el m.aductor del pulgar.)

Los **mm. interóseos dorsales** (figs. **95, 104, 106** y **107**) nacen con dos fascículos respectivamente en los lados que se miran de dos metacarpianos e irradian a la aponeurosis dorsal del 2.º, 3.º y 4.º dedo. En el 3.er dedo se insertan dos músculos interóseos dorsales. En el 2.º dedo pasa el tendón dorsal desde el lado radial a la aponeurosis dorsal, en el 4.º dedo desde la parte cubital.

d) Acción de los músculos y grupos musculares sobre la I articulación carpometacarpiana

El pulgar, en la I articulación carpometacarpiana, puede ser:
- *abducido* por los mm.abductor largo y corto del pulgar, con la colaboración del m.flexor corto del pulgar.
- *aducido* por los mm.aductor del pulgar, interóseo dorsal I, con la ayuda de los músculos oponentes del pulgar, y extensor largo del pulgar,
- *opuesto* por los mm. oponente y aductor del pulgar, así como los mm. flexor largo y corto del pulgar,
- *repuesto* por los mm. abductor largo del pulgar y extensor largo y corto del pulgar.

Parálisis. En caso de una correspondiente lesión del n.radial, el pulgar está en oposición a consecuencia de la parálisis de los *extensores* responsables de la reposición. No puede realizar la abducción con la misma fuerza. Una parálisis de los *músculos de la región tenar* inerva-

dos por el n.mediano disminuye la fuerza en la oposición y abducción del pulgar y origina una atrofia de este grupo muscular.
En caso de una interrupción de la transmisión de la excitación por el r.profundo del n.cubital debido a la parálisis del *m.aductor del pulgar* y del *m.interóseo dorsal I*, no puede sostenerse fuertemente un objeto entre el pulgar y el dedo índice.
En una *parálisis combinada* del n.mediano y del cubital, el pulgar separado no puede ya ser aducido al dedo índice.

e) Acción de los músculos y grupos musculares sobre las articulaciones de los dedos

En la *articulación proximal* el *pulgar* puede ser:
– *flexionado* por los mm.flexor largo y flexor corto del pulgar,

en lo cual los mm.abductor y aductor del pulgar colaboran conjuntamente,

– *extendido* por los mm.extensor largo y extensor corto del pulgar.

En la *articulación distal* el *pulgar* puede ser:
– *flexionado* por el m.flexor largo del pulgar,
– *extendido* por el m.extensor largo del pulgar.

Contrariamente a los dedos restantes, es posible una amplia y aislada flexión o extensión de una sola falange.

En la *articulación proximal* los dedos II-V pueden ser:
– *flexionados* por los mm.flexor superficial y flexor profundo de los dedos, los mm.lumbricales, interóseos palmares y dorsales,

La falange proximal del 5.º dedo lo es, además, por el m.flexor corto del dedo meñique y el abductor del dedo meñique,

– *extendidos* por el m.extensor de los dedos,
el dedo índice, además, por el m.extensor del índice, y el dedo meñique por el m.extensor del dedo meñique.

– *abducidos* (separados) por los mm.interóseos dorsales, el 5.º dedo por el m.abductor del dedo meñique,
– *aducidos* (llevado hacia el dedo medio) por los mm.interóseos palmares con la ayuda del m.extensor del índice (en el dedo índice) y del m.extensor del dedo meñique (en el dedo meñique).

Desde la abducción extrema realizan la aducción también todos los músculos largos de los dedos, hasta que los dedos se sitúan en la dirección de los metacarpianos. A los mm.interóseos palmares les queda como única misión, desde esta ligera posición de abducción ("posición propia del extensor largo"), aproximarlos al dedo medio. Por ello pueden ser notablemente más débiles que los mm.interóseos dorsales, que separan el 2.º y 4.º dedo del eje del dedo medio, es decir, realizan una abducción, y para ello sólo son ayudados en el corto trayecto hasta la posición propia del extensor largo por los músculos largos de los dedos.

En las *articulaciones medias* los *dedos II-V* pueden ser:
–*flexionados* por los mm.flexor superficial y profundo de los dedos,
– *extendidos* por los mm.extensor de los dedos, lumbricales e interóseos,

el dedo índice, además, por el m.extensor del índice, el dedo meñique además por el m.extensor del dedo meñique y las fibras tendinosas del m.abductor del dedo meñique que penetran en la aponeurosis dorsal.

En las *articulaciones distales* los *dedos II-V* pueden ser:
–*flexionados* únicamente por el m.flexor profundo de los dedos,
– *extendidos* –como en las articulaciones medias– por el m.extensor de los dedos y los músculos que penetran en la aponeurosis dorsal.

Los *flexores largos de los dedos* no pueden acortarse suficientemente para flexionar al máximo todas las articulaciones omitidas. El *m.flexor superficial de los dedos* flexiona predominantemente en la articulación media, el *flexor profundo* en la articulación media y distal. Sobre las articulaciones proximales solamente actúan ambos músculos en una medida apreciable si la articulación de la mano es flexionada dorsalmente o son extendidas la falange media y distal. Por ello, el cierre del puño es con la mano en flexión dorsal mucho más potente que en caso de flexión palmar. En la flexión pasiva total de las articulaciones de la mano, un objeto puede ser más fácilmente desprendido de los dedos cuando están cerrados en puño.
La flexión aislada de las articulaciones distales (m.flexor profundo de los dedos) en el ser humano no es posible sin un entrenamiento especial. En la flexión de las falanges medias y distales la vaina sinovial formada por los tendones perforados del flexor superficial de los dedos evita que los tendones del m.flexor profundo de los dedos se levanten del hueso.
Una flexión exclusiva en la articulación proximal pueden realizarla los *mm.lumbricales* e *interóseos,* dado que sus tendones penetran en situación palmar con respecto al eje de giro de esta articulación en las eminencias laterales de la aponeurosis dorsal. Una flexión palmar en la articulación proximal sólo es posible si el m.extensor de los dedos no está contraído.
El *m.extensor de los dedos* se extiende, ante todo, en la articulación proximal. Con las articulaciones de la mano y la proximal en extensión ya es claramente insuficiente, de manera que las falanges medias y distales son extendidas por los *mm.lumbricales* e *interóseos*. Como quiera que los tendones del extensor largo de los dedos están unidos entre sí por la conexión intertendinosa, una extensión aislada de dedos individuales solamente es posible hasta el punto que permitan estos “ligamentos transversos”. El dedo índice posee al respecto la libertad máxima; el 4.º dedo es, por el contrario, el menos libre. Los tendones del extensor de los dedos (al igual que el m.extensor propio del índice y extensor del dedo meñique) intenta llevar el eje longitudinal de los dedos de tres falanges en la dirección de los metacarpianos. Según sea la posición inicial, pueden realizar una abducción o aducción en la articulación proximal de los dedos. En posición de reposo los dedos están ligeramente flexionados en las tres articulaciones (predominio de los flexores), el pulgar se encuentra en oposición media.

En las **parálisis** de nervios que inervan los flexores de los dedos largos y cortos se producen cuadros clínicos característicos.
En una parálisis del *r.profundo del n.radial* los dedos ya no pueden ser extendidos en la articulación proximal. Los mm.interóseos y los mm. lumbricales flexionan las falanges proximales (ya que el m.extensor de los dedos es deficitario), en cambio las articulaciones media y distal (a consecuencia de la resistencia de los flexores largos sólo de modo incompleto) están extendidas. El pulgar está en oposición. Si está afectado el tronco principal del n.radial, la mano cuelga entonces hacia abajo con el antebrazo en flexión y pronación: *"mano caída"*.
En una *parálisis del mediano* ya no es posible la flexión de la falange media y distal en el dedo índice, y en el dedo medio como máximo puede realizarse débilmente. El pulgar está junto al dedo índice extendido (m.aductor del pulgar). En el intento de cerrar el puño se presenta la posición típica de *"mano de juramento"*.

Con la parálisis del *m.oponente del pulgar* y de ambos *mm.flexores del pulgar* ya no es posible la realización de un contacto entre el pulgar y el dedo meñique (prueba pulgar-meñique). A consecuencia de la atrofia de los músculos de la región tenar, en una parálisis del n.mediano se habla también de una *"mano de mono"*.

En una *parálisis del r.profundo del n.cubital* son deficitarios entre otros los mm.interóseos y los mm.lumbricales cubitales. En la articulación proximal de los dedos, el tono de los extensores largos origina una extensión (ellos tienen aquí un momento de acción más favorable que los flexores de los dedos), mientras que la articulación media y distal de los dedos son flexionadas (aquí los largos flexores superan a los extensores): *"mano en garra"*.

Debido al déficit del m.aductor del pulgar y de la musculatura de la yema del dedo meñique ya no es posible la prueba satisfactoria "pulgar-meñique". En una lesión del tronco principal del n.cubital, el dedo meñique ya no puede ser movido activamente. La falange distal del 4.º dedo y casi siempre también la falange distal del 3.^{er} dedo únicamente se flexionan con debilidad.

f) Conductos vásculo-nerviosos de la mano

A.radial en el dorso de la mano

La **a.radial** emite aún en la cara palmar del carpo, como afluente débil y variable que va al arco palmar superficial, la *rama radio-palmar* que discurre encima o a través de los músculos de la región tenar. Con sus venas satélites rodeando el hueso trapecio llega al dorso de la mano. De aquí va a la fosa que se conoce por "tabaquera" anatómica, limitada por el m.extensor largo del pulgar (cubital) así como por los músculos extensor corto y abductor largo del pulgar (radial), se dirige distalmente, entra en el extremo proximal del I espacio interóseo y pasa a través de los dos fas-

cículos del m.interóseo dorsal I a la cara palmar de la palma de la mano (fig. **95**).

En la "tabaquera", la a.radial está situada cerca del hueso, profundamente, recubierta por tejido conjuntivo duro. Por regla general el pulso arterial puede ser palpado a través de la fascia.

La *a.radial* en el dorso de la mano da:

– La *rama dorsal del carpo* (a la entrada de la "tabaquera"), a la red dorsal del carpo,

– la *a. metacarpiana dorsal* I (poco antes de alcanzar el 1.[er] espacio interóseo), que se ramifica en las *a.digitales dorsales* para la cara dorsal del pulgar y el borde radial del dedo índice (fig. **110**).

La a.radial en el dorso de la mano y las aa.metacarpianas dorsales (procedentes de la red dorsal del carpo) discurren conjuntamente con los tendones (y vainas tendinosas) de los extensores situados para ello superficialmente en "el estuche de los extensores", que es limitado por la fascia superficial y profunda del dorso de la mano. La fascia superficial, *fascia dorsal de la mano*, es la continuación distal de la fascia antebraquial y está en conexión con el ligamento dorsal del carpo. Epifascial circulan una red venosa cutánea, la red venosa dorsal de la mano, vasos linfáticos superficiales y los ramos del r.superficial del n.radial y el r.dorsal del n.cubital.
La **red dorsal del carpo** yace en la cara dorsal del carpo (en el manguito ligamentoso de la articulación de la muñeca) y recibe afluentes de
– la a.interósea anterior
– la a.interósea posterior
– el r.dorsal del carpo de la a.radial
– el r. dorsal del carpo de la a.cubital

De la red dorsal del carpo proceden las (débiles) *aa.metacarpianas dorsales* (fig. **109,**) que en los espacios interóseos II-IV cursan hacia los dedos y se ramifican respectivamente en dos *aa.digitales dorsales* para los bordes opuestos entre sí de dos dedos (fig. **110**). Irrigan la parte dorsal de las falanges proximales y la mitad proximal de las falanges medias. En las aa.metacarpianas dorsales desembocan las ramas perforantes de las aa.metacarpianas palmares, de las que proceden los vasos metacarpianos dorsales si la red dorsal del carpo está desarrollada débilmente.

Capas vásculo-nerviosas de la palma de la mano

En la palma de la mano se distingue una *capa vásculo-nerviosa subfascial*, superficial (entre la aponeurosis palmar y los tendones flexores) y una *capa profunda vásculo-nerviosa* (en la fascia profunda de la palma de la mano)

Capa vásculo-nerviosa subfascial. En la delgada capa conjuntival y grasa subfascial yacen (fig. **108**)
– el *arco palmar superficial* –como ramo distal de la a. cubital– con sus ramas y venas satélites,

- las *ramas del n.mediano* para los músculos de la región tenar, para los mm.lumbricales radiales y los 3 $^1/_2$ dedos radiales,
- el *r.superficial del n.cubital* que emite un ramo al m.palmar corto y se ramifica en los nervios cutáneos para los 1 $^1/_2$ dedos cubitales, así como
- una (o varias) *anastomosis* entre n.mediano y n. cubital.

Capa vásculo-nerviosa profunda. Debajo de los tendones de los flexores largos de los dedos y de los mm.lumbricales discurren por la fascia profunda de la palma de la mano y de los metacarpianos (fig. **108**).
- el *arco palmar profundo* alimentado predominantemente a partir de la a.radial con sus ramas y venas satélites, y
- el *r.profundo del n.cubital* con sus ramos musculares para los músculos de la región hipotenar, para el m.aductor del pulgar y fascículo profundo del flexor corto del pulgar.

Vasos linfáticos. Desde la red de vasos linfáticos superficiales de mallas y de la profundidad de la palma de la mano, la linfa –al igual que la sangre venosa– es conducida primordialmente por los espacios interóseos del metacarpo al dorso de la mano, desde donde se desagua a través de las vías linfáticas superficiales. Vías linfáticas profundas débiles acompañan las ramas de la a.radial y cubital.

Capa vásculo-nerviosa subfascial de la palma de la mano

El **arco palmar superficial** discurre como rama distal de la a.cubital por debajo del m.palmar cutáneo y forma en los tendones de los flexores largos de los dedos un arco vascular convexo en sentido distal, que en el lado radial puede estar en comunicación con el r.palmar superficial de la a.radial (fig. **108**). El arco palmar superficial se encuentra en la parte distal del arco palmar profundo. Desde la convexidad del arco palmar superficial parten la *a.palmar propia de los dedos* (fig. **109**) en el lado cubital del 5.° dedo y tres (-cuatro) *aa.digitales palmares comunes* (fig. **109**) que aproximadamente a la altura de las articulaciones proximales de los dedos respectivamente se desdoblan en dos (potentes) *aa.digitales palmares propias* para los bordes opuestos recíprocamente del 2.°-5.° dedo (fig. **108** y **110**).

La a.cubital irriga con ello predominantemente los 3 $^1/_2$ dedos de la parte cubital, mientras que los 1 $^1/_2$ dedos radiales reciben su sangre de ramas de la a.radial (a.principal del pulgar y a.radial del índice).
Los vasos palmares alcanzan –al igual que los nervios cutáneos palmares– a la mitad distal de la falange media y a la falange distal de los dedos por la parte dorsal.

El **n.mediano** (fig. **108**) se ha dividido ya debajo del lig.transverso del carpo en los ramos nerviosos para los músculos de la yema de los dedos (excepción: el músculo aductor del pulgar y el fascículo profundo del m.flexor corto del pulgar) y los tres *nervios digitales palmares comunes* (figs. **108** y **109**), que en la parte distal del canal del carpo se separan entre sí y cruzan por debajo el arco palmar superficial. Los mm.digitales palmares

comunes emiten ramos para los mm.lumbricales I y II (ocasionalmente también III) y se ramifican en la piel de los 3 dedos radiales (fig. **114a**). El n.digital palmar común I se divide en tres ramos principales, los mm.digitales palmares propios que discurren palmar con respecto a los bordes laterales del pulgar y en el borde lateral del dedo índice. El 2.° y 3.° n.digital palmar común se bifurcan respectivamente en 2 nervios digitales palmares propios que discurren a lo largo de los bordes palmares contiguos y opuestos recíprocamente del 2.°, 3.° y 4.° dedo (figs. **108** y **110**).

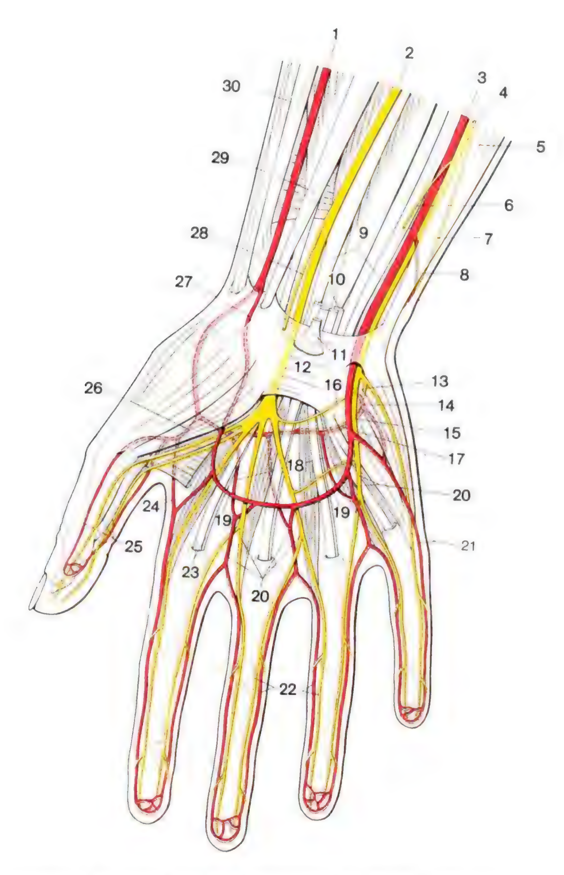


Fig. 108. **Arterias y nervios en el antebrazo y mano.** Vista palmar.
(Algunos músculos del antebrazo, los mm.lumbricales, así como los músculos de la yema del pulgar han sido dibujados, pero no se han numerado para mayor claridad de la figura, → fig. 103.)

El **n.cubital** (fig. **108**) se divide en la zona radial con respecto al hueso pisiforme en sus dos ramas terminales. Mientras que el ramo profundo entre los mm.abductor del dedo meñique y flexor corto del mismo penetra en la profundidad, el ramo superficial del n.cubital discurre cubital con respecto a la parte inicial del arco palmar superficial, inerva el m.palmar corto y se ramifica por la piel del 1 $^{1}/_{2}$ dedo cubitales. Entre el ramo superficial y el n.mediano existe con bastante regularidad un intercambio de fibras a través de un *ramo comunicante con el n.cubital* (figs. **108** y **109**).

El *ramo superficial del n.cubital* se divide después de la salida del ramo muscular para el m.palmar cutáneo en ramos cutáneos, un *n.digital palmar propio* al borde cubital del dedo meñique y un *n.digital palmar común* que se bifurca en dos *nn.digitales palmares propios* (figs. **108** y **109**). Discurren por los bordes laterales contiguos y opuestos del 4.º y 5.º dedo (fig. **114a**).

Capa vásculo-nerviosa de la palma de la mano

La **a.radial** (fig. **108**), que a través del espacio interóseo metacarpiano I llega a la cara palmar de la mano, emite a la profundidad de la yema del pulgar la *a.principal del pulgar.* Su rama terminal, cubierta en la parte radial por el m.aductor del pulgar, forma en las bases de los metacarpianos y de los mm.interóseos palmares el *arco palmar profundo.*
La *a.principal del pulgar* (figs. **108** y **109**) pasa por debajo del m.oponente del pulgar y se ramifica en dos *aa.digitales palmares propias* I para el borde radial y cubital del pulgar.

La *a.radial del índice* para el borde radial del dedo índice puede originarse de la a.principal del pulgar o del arco palmar profundo (ocasionalmente también del arco palmar superficial) (figs. **108** y **109**).

El **arco palmar profundo** se halla proximal con respecto al arco palmar superficial (figs. **108**). La rama cubital del arco vascular profundo forma la casi siempre débil *rama palmar profunda*, que abandona la a.cubital radialmente con respecto al pisiforme y que penetra en la profundidad

---

◄ 1 A.radial
2 N.mediano
3 A.cubital
4 N.cubital
5 M.cubital anterior
6 R.palmar del n.cubital
7 R.dorsal del n.cubital
8 R.carpiano dorsal de la a.cubital
9 M.flexor profundo de los dedos
10 Tendones del m.flexor superficial de los dedos
11 Tendones del m.palmar menor
12 Ligamento transverso del carpo
13 R.profundo del n.cubital
14 R.palmar profundo de la a.cubital
15 R.superficial del n.cubital
16 R.comunicante con el n.mediano
17 Arco palmar profundo
18 Aa.metacarpianas palmares comunes
19 Arco palmar superficial
20 Aa. y nn.digitales palmares comunes
21 A.digital palmar propia y n.digital palmar propio para el lado cubital del dedo meñique
22 Aa.digitales palmares propias y nn.digitales palmares propios
23 Tendón del flexor superficial y profundo de los dedos
24 A.radial del índice
25 Aa.digitales palmares propias I y nn.digitales palmares propios I
26 A.principal del pulgar
27 R.palmar superficial de la a.radial
28 R.palmar del n.mediano
29 M.palmar mayor
30 M.supinador largo

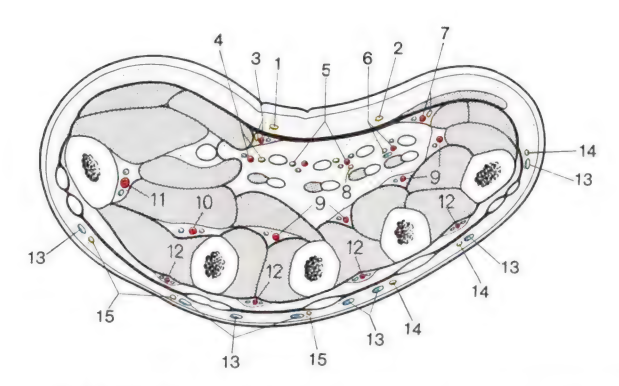


Fig. 109. **Corte transversal en la región del metacarpo derecho. Disposición de los nervios y vasos.** Vista distal de la superficie de corte.
(Denominación de los músculos y tendones → fig. 107.)

1 R.palmar del n.mediano
2 R.palmar del n.cubital
3 A.digital palmar propia y n.digital palmar propio (proc. del n.mediano) hacia el lado radial del pulgar
4 A.digital palmar común I y n.digital palmar común I (proc. del n.mediano)
5 Aa.digitales palmares comunes II, III y nn.digitales palmares comunes II, III (proc. del n.mediano)
6 A.digital palmar común IV y n.digital palmar común IV (proc. del r.superficial del n.cubital)
7 A.digital palmar propia y n.digital palmar propio (proc. del r. superficial del n.cubital) hacia el lado cubital del dedo meñique
8 R.comunicante con el n.cubital
9 Aa.metacarpianas palmares
10 A.radial del índice
11 A.principal del pulgar
12 Aa.metacarpianas dorsales
13 Vv.metacarpianas dorsales subcutáneas
14 Nn.digitales dorsales (proc. del r.dorsal del n.cubital)
15 Nn.digitales dorsales (proc. del r.superficial del n.radial)

entre el m.abductor del dedo meñique y el m.flexor corto del dedo meñique. El arco palmar profundo emite de su parte convexa 3-4 *aa.metacarpianas palmares* (fig. **109**) que se unen respectivamente con una a.digital palmar común del arco palmar superficial.
En cada espacio interóseo pasa un *ramo perforante* por los músculos interóseos y se anastomosa con una arteria metacarpiana dorsal (fig. **110**).

La *variabilidad en el desarrollo de ambos arcos palmares* es extraordinariamente grande. El patrón vascular expuesto se encuentra en menos del 30 % de los casos. Frecuentemente el arco palmar superficial está formado sólo por la a.cubital, en ocasiones por la a.mediana (en lugar de una rama palmar superficial). Ambos arcos pueden ser incompletos. A menudo la irrigación sanguínea del pulgar y del dedo índice corre totalmente a cargo del arco palmar superficial.

El **r.profundo del n.cubital** (fig. **109**) discurre con el ramo arterial palmar profundo por la región hipotenar. En el compartimiento medio de la palma de la mano su curso es proximal y debajo del arco vascular profundo y hacia el pulgar. Inerva a los músculos del dedo meñique (excepto el m.palmar corto), los mm.lumbricales cubitales y el m.aductor del pulgar,

así como (casi siempre) el fascículo profundo del flexor corto del pulgar y en los espacios interóseos todos los músculos interóseos. Ramos sensitivos pasan a las articulaciones proximales de la mano y dedos.

g) Ordenación de los vasos y nervios en los dedos

En las dos caras laterales de cada uno de los dedos discurren por el tejido subcutáneo –respectivamente cerca del borde– en total cuatro arterias y nervios digitales. A excepción del pulgar, son las dos arterias y nervios digitales dorsales propios, más débiles que los vasos y nervios palmares, los que en los dedos trifalángicos, en la zona de la falange distal y una parte de la falange media asumen también la irrigación e inervación del dorso de los dedos (¡lecho ungueal!) (fig. **110**).

Las *arterias digitales* dorsales proceden de las aa.metacarpianas dorsales, los vasos palmares del arco palmar superficial o de la a.principal del pulgar. La *inervación* del dorso de los dedos corre a cargo en 2 $^1/_2$ dedos radiales del r.superficial del n.radial, en los dedos cubitales del r.dorsal del n.cubital (fig. **114b**). Los desplazamientos de los límites entre los territorios de inervación a expensas del n.radial no constituyen una rareza. Los nervios digitales palmares de los 3 $^1/_2$ dedos radiales son ramos del n.mediano; los nn.palmares digitales palmares propios de los 1 $^1/_2$ dedos cubitales son ramos del r.superficial del n.cubital (figs. **108** y **114a**).

Entre las cuatro arterias de un dedo existen numerosas anastomosis, de manera que al seccionar una arteria digital, tanto el muñón vascular proximal como el distal debe ser irrigado. Teniendo en cuenta las conexiones de fibras entre los tres troncos nerviosos principales, en la región de la mano se sitúan en parte los territorios de inervación de los nervios digitales. Esto es válido especialmente para el pulgar y el dedo anular, cuyas zonas cutáneas autónomas no existen. En una anestesia por conducción debe interrumpirse por tanto la excitoconducción en los cuatro nn.digitales propios de un dedo.

Las *venas* de los dedos no acompañan a las arterias. Más bien, forman una red venosa palmar débil y una red venosa dorsal bien desarrollada.

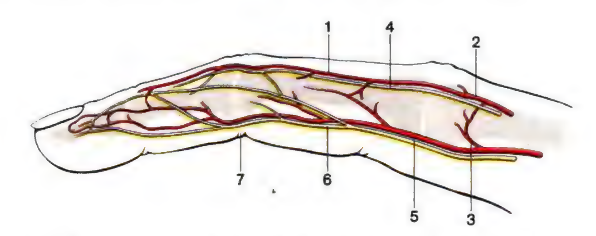


Fig. 110. **Arterias y nervios de los dedos.** Vista radial del índice derecho.

1 A.digital dorsal
2 A.metacarpiana dorsal
3 R.perforante
4 N.digital dorsal (en el índice, proc. del r.superficial del n.radial)
5 A.digital palmar propia
6 N.digital palmar propio (en el índice, proc. del n. mediano)
7 Pliegue de flexión en la articulación media (corresponde a la situación de la hendidura articular)

La sangre venosa es conducida a través de la red venosa dorsal de la mano y las venas subcutáneas del antebrazo.

Los *vasos linfáticos* de los dedos acompañan las venas y forman redes correspondientes. El desagüe principal de la linfa en la zona de los dedos tiene lugar a través de las vías linfáticas del dorso de la mano.

Vías de dispersión de las inflamaciones. Dado que en los dedos no existe una fascia superficial típica y con ello el tejido subcutáneo no está delimitado con respecto a las estructuras del aparato locomotor (aponeurosis dorsal, tendones, vainas tendinosas, huesos), las infecciones del tejido conjuntivo subcutáneo pueden extenderse fácilmente al aparato locomotor. En la parte de flexión de los dedos están los tabiques conjuntivales que limitan el tejido subcutáneo y el tejido adiposo en cámaras de presión fijadas al periostio. Por tal motivo, los procesos inflamatorios del subcutis se extienden rápidamente a la profundidad, donde destruyen el hueso o pueden extenderse a las vainas tendinosas.

h) Acción conjunta de brazo, mano y dedos

Mediante la combinación de las posibilidades de movimiento en las distintas articulaciones, resulta en la extremidad superior una extraordinaria variedad de movimientos y una gran amplitud de los mismos, que aún puede ser aumentada con movimientos de la columna vertebral y de la extremidad inferior. De esta manera es posible alcanzar con los dedos (casi siempre) cualquier punto de la superficie corporal. La cintura escapular se coloca en la posición más favorable para un determinado movimiento, desde la cual puede actuar la extremidad libre. En los movimientos delante del cuerpo (en el campo visual) el brazo está en rotación interna, la articulación del codo más o menos flexionada. La mano (por regla general) está en posición de pronación. El pulgar forma con los dedos restantes una pinza de prensión en el trabajo cotidiano. Es decisivo para el curso ordenado de un movimiento la coordinación temporal y la adecuada intensidad de la actividad muscular, en la que la disminución del tono de los antagonistas no es menos importante que la contracción de los sinergistas.

D. Anatomía superficial de la extremidad superior

1. Relieve superficial de la extremidad superior y puntos óseos palpables

El **relieve superficial** viene determinado por la variable acentuación individual de la musculatura y la distinta modalidad en el almacenamiento de la grasa subcutánea. Como consecuencia de un trabajo corporal intenso o

entrenamiento deportivo específico, un m.deltoides fuertemente desarrollado puede acentuar especialmente el arqueamiento de los hombros. El brazo, debido al potente desarrollo del flexor (m.bíceps braquial) y del extensor está aplanado entonces interna y externamente, y el antebrazo permite reconocer muy claramente el estrechamiento cónico hacia el carpo. Un desarrollo abundante de la cubierta adiposa subcutánea (especialmente en lactantes, niños pequeños y casi siempre también en la mujer) disimula los contornos musculares. Brazo y antebrazo aparecen redondeados (en lugar de aplanados lateralmente u ovalados transversos). En el codo, los tres abombamientos característicos (del bíceps, de los extensores radiales y de los flexores del antebrazo) pueden borrarse más o menos y las venas subcutáneas estar cubiertas.
El esqueleto desempeña un papel no insignificante para la configuración del relieve superficial. El característico arqueamiento del hombro desaparece si el brazo está luxado y la tuberosidad mayor ya no se encuentra en la localización típica. En el lado de extensión del codo se observan el olécranon, el epicóndilo y la epitróclea del húmero a través de la piel. Según la forma del hueso, la porción de antebrazo próxima a la articulación aparece ancha y tosca o delgada y grácil.

En la región lateral del hombro la piel es relativamente gruesa, y en los hombres presenta ocasionalmente un vello terminal. En la parte de extensión del codo la piel es dura, plegada y más queratinizada, y su aspecto es casi siempre algo rojizo. La piel de la palma de la mano y cara palmar de los dedos es muy queratinizada y especialmente gruesa y resistente, carente de vello (sin glándulas sebáceas) y es rica en glándulas sudoríparas.

En las falanges distales de los dedos, en la cara palmar, fascículos conjuntivales y tabiques que van del cutis al subcutis, limitan cámaras de presión rellenas de tejido adiposo (como en la palma de la mano). Los sistemas de cámaras forman en cada dedo una yema táctil cuya piel está muy inervada e intensamente vascularizada. Las uñas de los dedos sirven de resistencias de apoyo para la yema de los dedos. Las yemas de los dedos poseen como toda la piel de la palma de la mano una piel en pliegues. Las líneas papilares de las yemas de los dedos forman un patrón determinado genéticamente, característico para cada individuo (lazos, espirales o arcos) que se conserva durante toda la vida y permite así la identificación de una persona.

En las restantes zonas del brazo, la piel es relativamente delgada (especialmente en la parte de flexión) y es posible su desplazamiento y su elevación en pliegue; en la zona de extensión del antebrazo y en la parte cubital del dorso de la mano está revestida de vello. Los pliegues de impulso transverso formados en las proximidades de la articulación han sido descritos en la descripción de las articulaciones. El subcutis del dorso de la mano está libre de tejido adiposo. Los edemas pueden extenderse aquí por los espacios reticulares conjuntivales.

Las *líneas de escisión* (líneas de tensión) de la piel, cuyo trayecto debe considerarse al máximo posible en las intervenciones quirúrgi-

cas, indican que este trayecto es complicado. En la región del tronco convergen en la fosa axilar, en el brazo discurren desde la parte dorsal hacia la radial y a la cubital verticalmente hacia abajo (fig. **72**).

Surcos cutáneos de la palma de la mano. Los pliegues cutáneos que se originan en la palma de la mano cuando se cierra el puño son limitados por *líneas de la mano,* que, debido a que la piel es aquí más delgada, también son claramente visibles con los dedos extendidos (fig. **99**). Las líneas de la mano, que incluso en las inflamaciones son identificables, pueden proporcionar al médico una limitada ayuda orientadora. Según la nomenclatura fantasiosa de los quirognórnicos, se distinguen:

- la *"línea vital"*, que delimita la yema del pulgar y discurre por el origen de ambas cabezas del m.aductor del pulgar.
- la *"línea cefálica"*, que comienza proximal con respecto a la cabeza del 2.º hueso metacarpiano en la parte radial de la mano y cursa distalmente de la línea vital hacia la yema del dedo meñique,
- la *"línea mensalis"*, que parte del pliegue interdigital entre el dedo índice y el medio y cursa en un arco cóncavo hacia la zona distal —algo proximal con respecto a las articulaciones metacarpofalángicas III-V— a la parte cubital de la mano, y
- la *"línea de la fortuna"*, que comienza en la parte proximal (o cerca) de la línea vital y por encima del 3.er hueso metacarpiano cruza (o alcanza) la línea cefálica.

Como variante hereditaria (frecuentemente unilateral) en lugar de ambos surcos transversos, que no recorren la anchura total de la palma de la mano, puede presentarse una línea denominada "surco de simio", que, proximal de las cabezas de los metacarpianos, se extiende desde el borde radial al cubital de la palma de la mano. Se encuentra frecuentemente en el mongolismo o anencefalia, pero también en individuos sanos.

Puntos óseos palpables. A excepción del hueso semilunar y el trapezoides, de todos los elementos esqueléticos del brazo, como mínimo segmentos o superficies aisladas del mismo, pueden ser palpadas a través de la piel o partes blandas, de manera que para casi todos los huesos puede adquirirse una idea respecto a su forma global.

En sus contornos reconocibles a través de la piel, y por ello especialmente accesible a la palpación digital, mencionamos (fig. **111**):

- en la *cintura escapular:* la clavícula, el acromion y la espina de la escápula (a través del m.trapecio y m.dorsal ancho son también palpables el borde interno y el ángulo inferior de la escápula, en la abducción del brazo la apófisis coracoides en la fosa de Mohrenheim),
- en el *brazo:* epicóndilo y epitróclea (mientras que la tuberosidad mayor, a través del m.deltoides y la cabeza del húmero, con el brazo en aducción, casi nunca es palpable con la misma precisión a partir de la fosa axilar),
- en el *antebrazo:* el olécranon, el borde dorsal del cúbito y la apófisis estiloides del cúbito y radio (la cabeza del radio en movimientos de pronación y supinación),

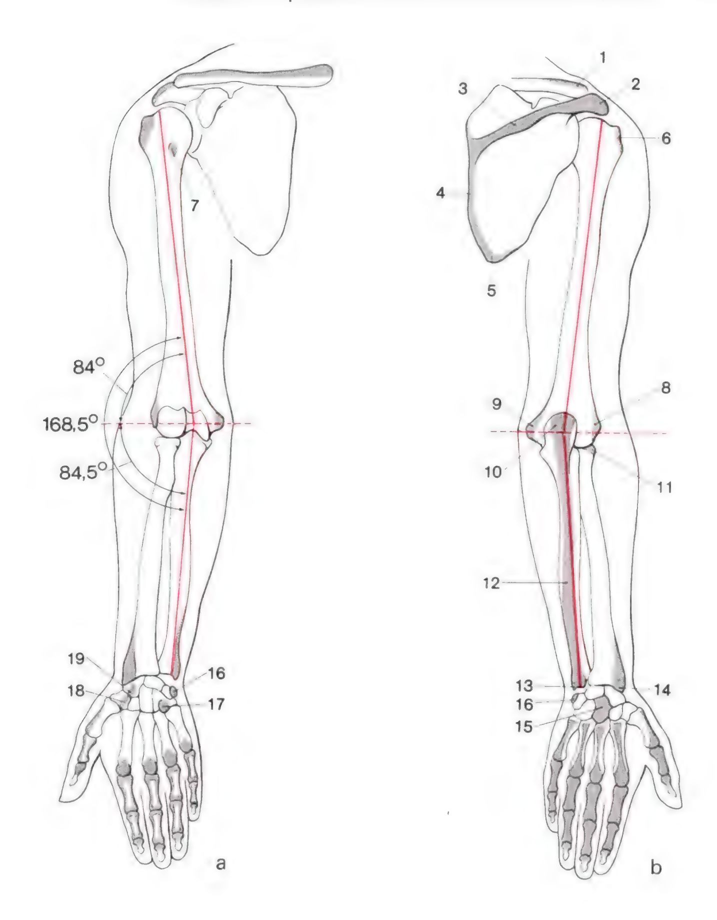


Fig. 111. **Puntos óseos palpables en el esqueleto de la extremidad superior** (según v.LANZ-WACHSMUTH).
a Vista ventral
b Vista dorsal

1 Clavícula
2 Acromion
3 Espina de la escápula
4 Borde interno de la escápula
5 Angulo inferior de la escápula
6 Troquiter
7 Troquín
8 Epicóndilo del húmero
9 Epitróclea del húmero
10 Olécranon
11 Cabeza del radio
12 Cresta posterior del cúbito
13 Apófisis estiloides del cúbito
14 Apófisis estiloides del radio
15 Hueso grande
16 Hueso pisiforme
17 Apófisis del hueso ganchoso
18 Tuberosidad del trapecio
19 Tuberosidad escafoidea

– en la *mano:* la tuberosidad del hueso escafoides o del trapecio, el hueso pisiforme y el hamulus del hueso ganchoso, la cara dorsal del hueso grande y de los metacarpianos, las cabezas de los huesos metacarpianos en la cara palmar, así como las caras laterales y dorsales de las falanges de los dedos.

Para la medición de las longitudes parciales del brazo colgante (palma de la mano hacia delante) se utilizan como *puntos de medición:* acromion, epicóndilo del húmero, apófisis estiloides del radio, punta del 3.^{er} dedo.

2. Vasos y nervios cutáneos de la extremidad superior

a) Venas cutáneas

La sangre venosa del brazo, además de ser conducida por las (casi siempre débiles) *venas profundas* (venas satélites subfasciales de las arterias), es también conducida por *venas cutáneas* superficiales, epifasciales (venas subcutáneas) (fig. **112**).

El sistema de venas cutáneas consta de redes venosas variables, extensas, que están especialmente desarrolladas en el dorso de la mano y de los dedos, así como en el antebrazo, y que en parte –ante todo en los individuos viejos– son reconocibles a través de la piel. Como troncos longitudinales predominantes de la red venosa subcutánea existen la *vena cefálica* y la *vena basílica* (ambas procedentes de la *red venosa cutánea del dorso de la mano*), y la (a veces ausente) *vena mediana antebraquial* (procedente de una malla venosa en la parte de flexión del antebrazo). El diámetro de las vv.cefálica y basílica supera en el brazo al de las venas satélites profundas.

Entre las venas satélites subfaciales y las venas cutáneas existen numerosas comunicaciones (en parte variables).
Por ejemplo, en caso de fuerte compresión, la sangre de las venas profundas de la palma de la mano puede fluir a través de las *vv.intercapitales* (entre las cabezas de los metacarpianos) a la red venosa subcutánea en el dorso de la mano. Una segunda anastomosis, formada con regularidad (igualmente avalvular) une en el codo una de las vv.medianas con las profundas vv.braquiales.

A lo largo de las "comunicaciones profundas venosas", en cuya compañía también discurren los vasos linfáticos desde las vías linfáticas superficiales a las profundas, pueden extenderse los procesos inflamatorios del subcutis hacia la profundidad o viceversa, por ejemplo, (palma de la mano → dorso de la mano).

Mediante un torniquete que comprima el brazo sólo moderadamente y de manera anular, la sangre puede estancarse en las venas cutáneas, de manera que sobresalen claramente (toma de sangre). La actividad muscu-

lar (abrir y cerrar la mano = "bombear") aumenta la afluencia de sangre y conduce simultáneamente, mediante el engrosamiento del músculo que se contrae, a la compresión de las venas profundas y a un relleno más intenso de las venas superficiales.

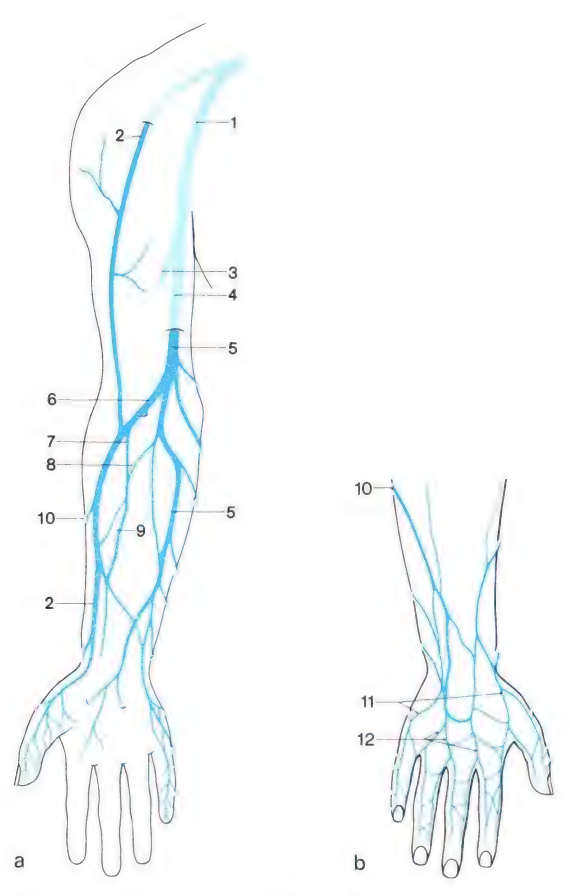


Fig. 112. **Venas cutáneas de la extremidad superior**
a Cara palmar
b Dorso de la mano

1 V.axilar
2 V.cefálica
3 V.humeral prof.
4 V.humeral
5 V.basílica
6 V.mediana cubital
7 V.mediana cefálica
8 V.mediana basílica
9 V.mediana antebraquial
10 V.cefálica accesoria
11 Red venosa dorsal de la mano
12 Vv.metacarpianas dorsales subcutáneas

La red venosa subcutánea del dorso de la mano consta de las vv.metacarpianas dorsales subcutáneas y sus anastomosis transversas (fig. **112**). Toma sangre de los dedos y de la palma de la mano. El flujo de la sangre tiene lugar por troncos longitudinales que en la parte radial de la red venosa, casi siempre más desarrollada, se fusionan en la *vena cefálica*, y en el lado cubital lo hacen en la *vena basílica*. En ocasiones, del centro de la red venosa puede salir una *vena cefálica accesoria* que inicialmente discurre por la cara dorsal del antebrazo, antes de entrar en la vena cefálica (fig. **112**).

La **v.cefálica** (figs. **97** y **112**) constituye el tronco principal de la red venosa cutánea del brazo. Proximal con respecto a la articulación de la mano, llega a la parte de flexión del antebrazo y pasa junto a su borde radial hacia el codo. En el brazo cursa por la cara externa del m.bíceps braquial (fig. **89**) o por el surco bicipital externo, entre el m.deltoides y el m.pectoral mayor, llega por la parte proximal a la fosa de Mohrenheim y atravesando la fascia clavipectoral llega a la vena subclavia.
La **v.basílica** (figs. **97** y **112**) sólo en el tercio proximal del antebrazo se convierte en un tronco unitario, potente, que en el lado cubital procede de varias venas longitudinales. Anastomosa en el codo mediante la *v. mediana cubital* con la v. cefálica, cursa por el surco bicipital interno y penetra en la mitad del antebrazo en la fascia braquial ("hiato basílico") (figs. **89** y **112**). La v.basílica desemboca en la humeral.
La **vena mediana antebraquial** (figs. **97** y **112**) discurre entre la v.cefálica y la vena basílica en la parte de flexión del antebrazo. Se divide en el codo en dos ramas, una *v. mediana cefálica* y una *v. mediana basílica* que desembocan en grandes troncos venosos, o entra en la vena mediana cubital, más raramente en la vena basílica.

La ordenación de las venas cutáneas en el codo puede variar notablemente. En el caso típico los segmentos del antebrazo de las vv.cefálica y basílica con ambas ramas de desembocadura de la v.mediana antebraquial, tienen la forma de una M. Si, por el contrario, la vena mediana cubital recoge la vena mediana antebraquial, entonces esta vena de comunicación de curso oblicuo hacia la parte cubital y proximal es muy potente, tanto más si la vena cefálica en el brazo sólo está débilmente desarrollada.
Una comunicación transversa de ambas venas longitudinales puede faltar también totalmente. En todas las variantes existe en el codo una comunicación con las vv.humerales ("v.mediana cubital profunda" procedente de la vena mediana basílica, o más raramente cefálica, de la vena mediana cubital, de la vena mediana antebraquial o de una v.cefálica o basílica independiente).

Para la *punción venosa* se prefieren las venas superficiales en el dorso de la mano, en el antebrazo y en el brazo. Las venas cutáneas de luz relativamente amplia y casi siempre fáciles de conseguir en el codo son igualmente adecuadas para la toma de sangre o la inyección intravenosa de medicamentos, debiendo ser prudentes ante las posibles variantes de la a.humeral y la proximidad del n.mediano. Para infusiones de larga duración, las venas del codo son menos adecuadas, porque se requiere entonces la situación en reposo de la articulación del codo.

b) Vías linfáticas superficiales

La clasificación en venas cutáneas y satélites corresponde en el sistema vascular linfático de la extremidad superior a la distinción entre *vías linfáticas superficiales* (epifasciales) y *vías linfáticas profundas*. Los *vasos linfáticos profundos* cursan conjuntamente con las arterias y las venas profundas. Los *vasos linfáticos superficiales* proceden de la piel y el subcutis.

La linfa procedente de las redes de mallas finas de la palma de la mano fluye por las vías linfáticas de los dedos y del dorso de la mano, que también recogen linfa de la profundidad (huesos, articulaciones, vainas tendinosas).

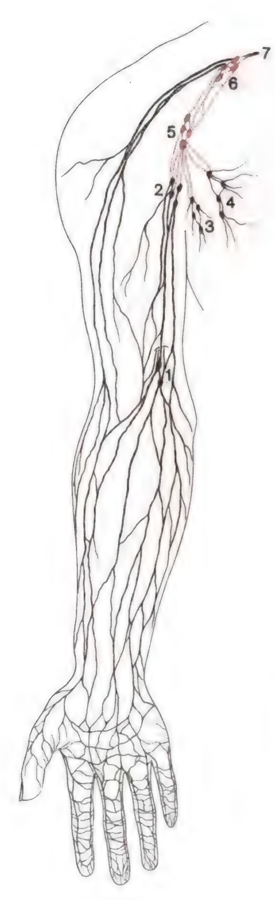


Fig. 113. **Vías linfáticas superficiales del brazo y ganglios linfáticos axilares.**
Visión ventral
Vías y ganglios linfáticos superficiales: (——)
Vías y ganglios linfáticos profundos: (——)
1 Ganglios linfáticos cubitales superficiales
2 Ganglios linfáticos de la vena axilar
3 Ganglios linfáticos subescapulares
4 Ganglios linfáticos pectorales
5 Ganglios linfáticos axilares centrales
6 Ganglios linfáticos subclavios
7 Tronco subclavio

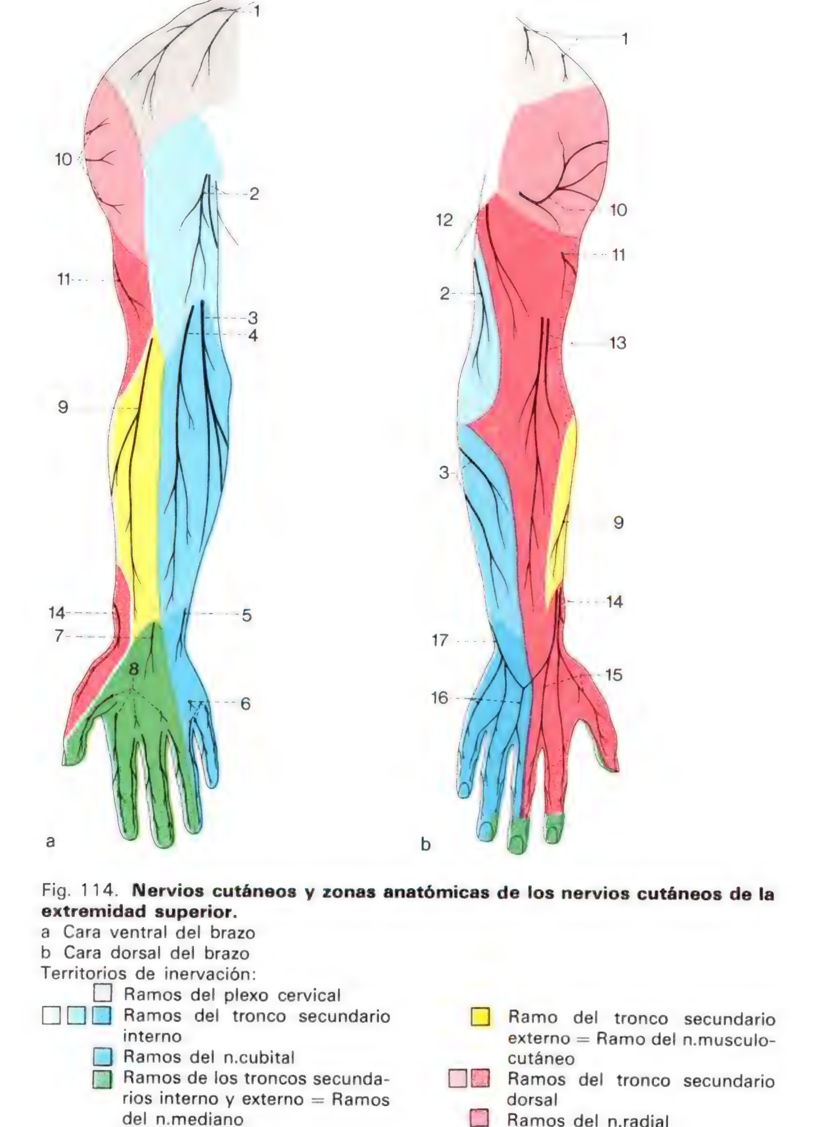


Fig. 114. **Nervios cutáneos y zonas anatómicas de los nervios cutáneos de la extremidad superior.**
a Cara ventral del brazo
b Cara dorsal del brazo
Territorios de inervación:

- Ramos del plexo cervical
- Ramos del tronco secundario interno
- Ramos del n.cubital
- Ramos de los troncos secundarios interno y externo = Ramos del n.mediano
- Ramo del tronco secundario externo = Ramo del n.musculocutáneo
- Ramos del tronco secundario dorsal
- Ramos del n.radial

Por el antebrazo discurren los troncos longitudinales de las vías linfáticas superficiales, que poseen múltiples anastomosis entre ellas, ante todo en las cercanías de la vena cefálica y la v.basílica (fig. **113**). Las inflamaciones del cordón linfático son visibles a través de la piel como líneas rojas. Entre los vasos linfáticos superficiales y profundos existen comunicaciones que conducen la linfa a las vías linfáticas *superficiales*. En los cordones linfáticos cubitales, cerca del epicóndilo interno humeral, pueden estar incluidos (uno o varios) *nódulos linfáticos cubitales superficiales* (aproximadamente en 1/3 de los casos). Una parte de los vasos linfáticos que acompañan a la vena basílica pasa con ella a través de la fascia hacia la profundidad. Además, los cordones linfáticos cubitales de trayecto superficial, a los que se unen la mayoría de troncos linfáticos radiales (procedentes de las cercanías de la vena cefálica), van por la epifascia a los ganglios linfáticos axilares externos (fig. **215a**). Un pequeño número de vasos linfáticos radiales acompaña a la vena cefálica a la fosa de Mohrenheim y entra directamente en los ganglios linfáticos axilares apicales.

c) Nervios cutáneos

Territorios de inervación. Las típicas zonas de distribución de los nervios cutáneos de la extremidad superior (e inferior) no son, como en el tronco, franjas cutáneas transversales, sino zonas cutáneas irregularmente formadas. Su disposición puede variar, ya que la distribución de las fibras nerviosas segmentarias en determinados nervios periféricos varía algo individualmente y, en distintas medida, se han formado anastomosis entre los ramos de los nervios cutáneos. Por tanto, no puede fijarse un límite claro entre áreas cutáneas vecinas porque los territorios de distribución de los distintos nervios cutáneos se superponen (→ Inervación cutánea en el plexo, pág. 144) con lo que las fibras nerviosas para las distintas cualidades sensoriales (dolor, tacto, sensación térmica) se extienden más o menos ampliamente al territorio del nervio vecino. Al contrario que en los nervios del tronco, es especialmente manifiesta la superposición de las fibras dolorosas.

La siguiente descripción de los territorios de inervación de los nervios cutáneos de la extremidad superior reproduce las denominadas zonas

◄ 1 Nn.supraclaviculares externos
2 N.braquial cutáneo interno
3 R.posterior del n.accesorio del braquial cutáneo interno
4 R.anterior del n.accesorio del braquial cutáneo interno
5 R.palmar del n.cubital
6 Nn.digitales palmares comunes y propios procedentes del r.superficial del n.cubital
7 R.palmar del n.mediano
8 Nn.digitales comunes y propios procedentes del n.mediano
9 N.cutáneo antebraquial externo procedente del n.musculocutáneo
10 N.cutáneo braquial externo superior procedente del n.axilar
11 N.cutáneo braquial externo inferior } procedentes del n.radial
12 N.cutáneo braquial posterior } procedentes del n.radial
13 N.cutáneo antebraquial posterior } procedentes del n.radial
14 R.superficial del n.radial
15 Nn.digitales dorsales procedentes del ramo superficial del n.radial
16 Nn.digitales dorsales procedentes del r.dorsal del n.cubital
17 R.dorsal del n.cubital

cutáneas anatómicas, es decir, los territorios de ramificación de los nervios cutáneos en el tejido subcutáneo, representables en las preparaciones anatómicas. Las zonas autónomas obtenidas clínicamente son mucho más pequeñas. Para el n.radial, por ejemplo, la zona cutánea autónoma está limitada al dorso del pulgar o es inexistente. La piel de la extremidad superior es inervada sensitivamente (fig. **114**) en el **brazo** por:

– el *n.cutáneo braquial externo superior* (proc. del n.axilar) en la región lateral del hombro (encima del m.deltoides) y en un área cutánea en el lado dorsal externo (sobre el tercio proximal del fascículo largo y externo del tríceps).
– el *n.cutáneo braquial externo inferior* (proc. del n.radial) en la cara dorsal externa en el tercio medio y distal del brazo (encima del fascículo externo del m.tríceps braquial, fig. **89**).
– El *n.cutáneo braquial posterior* (proc. del n.radial) en la cara dorsal en la mitad distal del brazo (fig. **89**).
– el *n.braquial cutáneo interno* (proc. del fascículo interno, $D_{1,2}$) en el lado interno desde la fosa axilar hasta el codo (fig. **89**),

en el **antebrazo** por:

– el *n. cutáneo antebraquial posterior* (proc. del n.radial) en la región del codo y en el lado dorsal del antebrazo,
– el *n.cutáneo antebraquial externo* (proc. del n.musculocutáneo) en la cara externa (fig. **97**),
– el *n.accesorio del braquial cutáneo interno* (procedente del fascículo interno, C_8, D_1) en el lado interno (fig. **97**),

en el **dorso de la mano** por

– el *r.superficial del n.radial* en la cara externa (figs. **97, 109** y **110**) y (a través de los nn.digitales dorsales) en los 2 1/2 dedos cubitales (hasta la falange media),
– el *r.dorsal del n.cubital* en la cara interna (figs. **108** y **109**) y (a través de los nn.digitales dorsales) en los 2 1/2 dedos cubitales (hasta la falange media),
– el *n.mediano* (a través de los nn.digitales palmares propios) en la falange distal del pulgar y en las falanges medias y distales del 2.° y 3.^{er} dedo, así como la cara radial del 4.° dedo (figs. **108** y **110**),
– el *r.superficial del n.cubital* (a través de los nn. digitales palmares propios) en las falanges medias y distales de 1 1/2 dedos cubitales (fig. **108**),

en la **palma de la mano** por:

– el *n.mediano* en la yema del pulgar (r.palmar del n.mediano) en la cara externa del n.mediano y los 3 1/2 dedos radiales (figs. **108, 109** y **110**),
– el *n.cubital* (r.palmar y r.superficial) en la yema del dedo meñique, en la cara interna de la palma de la mano y en los 1 1/2 dedos cubitales (figs. **108** y **109**).

Inervación segmentaria de la piel de la extremidad superior. Las relaciones segmentarias de la piel de la extremidad superior y de la inferior no

pueden ser expuestas en la preparación anatómica de los nervios cutáneos plurisegmentarios, sino que únicamente son deducibles de los hallazgos clínicos (p. ej., en la sección de la raíz posterior de nervios espinales aislados). El esbozo del brazo se origina como derivado de la pared abdominal ventral externa a nivel de los somitas cervicales inferiores (tomo 4; Embriología; musculatura de las extremidades). La piel de la extremidad

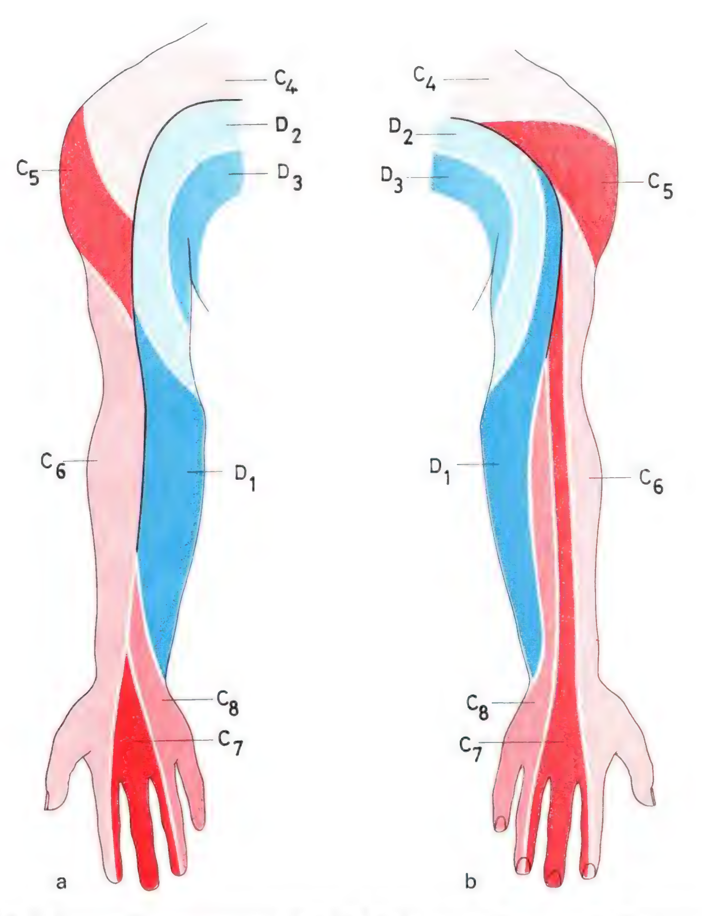


Fig. 115. **Inervación segmentaria de la piel de la extremidad superior** (dermatoma) (modificado de HANSEN y SCHLIACK).
a Vista ventral
b Vista dorsal

superior constituye la zona de dispersión de las fibras de las ramas ventrales de los nervios espinales segmentarios (C_5—$D_{2[3]}$). Con el crecimiento de la extremidad, en la ontogénesis los segmentos cutáneos son extendidos (en diversa medida) longitudinalmente y estirados en cintas delgadas (fig. **115**). Con ello, a excepción de D_2 y D_3 son excluidos de la región de la pared abdominal. Los segmentos cutáneos C_7 y C_8 —referidos al esbozo medio de las extremidades— llegan a la parte distal más lejana (línea de separación aproximadamente en el cuarto dedo). En la cara radial del brazo se encuentran los segmentos C_6 (zona del pulgar, antebrazo y brazo) y C_5 (brazo y hombro); en el lado cubital D (antebrazo y brazo), D_2 (brazo) y D_3 (brazo). Si se intenta colorear los segmentos cutáneos en el brazo en abducción puede reconocerse la distribución metamérica originaria y la coordinación inicial con la disposición en forma de cinturón de los segmentos cutáneos de la pared abdominal.

IX. Extremidad inferior

La extremidad inferior es la columna de sostén y el órgano de locomoción del cuerpo humano. El esqueleto de la cintura de las extremidades está formado por la *cadera*. Está incluido en la pared del tronco y unido al sacro de manera prácticamente inamovible. En la parte ventral, los dos coxales se unen en la *línea sinfisaria* (sínfisis) mediante tejido cartilaginoso, de manera que se forma un anillo óseo cerrado, formado por el sacro y los dos coxales, la *pelvis ósea*. Transmite la carga del tronco y de las extremidades superiores a la extremidad libre inferior, la pierna. La parte craneal de la pelvis ósea, la *pelvis mayor*, rodea al núcleo visceral por la parte dorsal externa. El segmento parcial caudal, la *pelvis menor*, encierra los órganos pélvicos.

Algunos autores denominan "cintura pélvica" los dos huesos coxales unidos por una línea cartilaginosa. A la cintura escapular de nuestra definición corresponde en su exposición una mitad de cintura. En ocasiones, incluso ambas caderas y el sacro son designados como "cintura pélvica", es decir, el término "cintura pélvica" es equiparado al término "pelvis ósea". Esta determinación conceptual seguramente no es correcta, pues el sacro es un segmento del esqueleto axial y no una parte de la extremidad inferior.

No existen músculos de la cintura pélvica que unan la columna vertebral y dicha cintura; una articulación sacroilíaca móvil sería poco práctica en extremo. Los movimientos de la cintura pélvica sólo son posibles si se mueve al mismo tiempo el segmento correspondiente del esqueleto axial, el sacro. El lugar de movimiento entre el tronco (+ cintura pélvica) y la extremidad libre es la *articulación de la cadera*, que, como la articulación del hombro, es una articulación esférica.

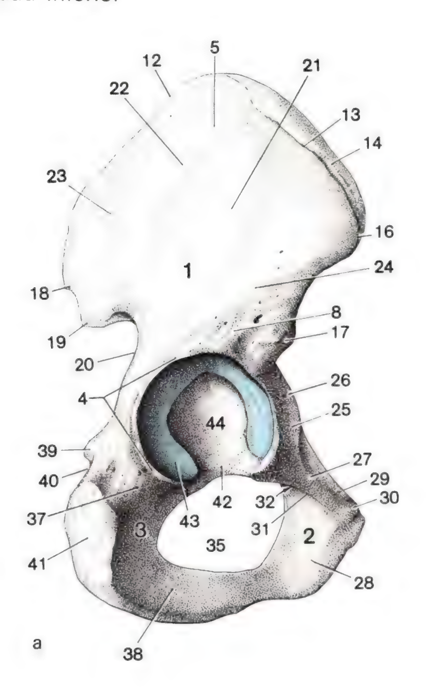
La división de la extremidad inferior libre corresponde a la de la extremidad superior (→ pág. 189). El esqueleto de la pierna consta del *fémur*, los dos *huesos de la pierna* y los *elementos esqueléticos del pie*.

A. Pared de la pelvis

1. Cintura pélvica

a) Elementos esqueléticos de la cintura pélvica

En el adulto, el *esqueleto de la cintura pélvica* está formado por un hueso grande único, el *hueso coxal*.
El **hueso coxal** (fig. **116**) se origina por sinóstosis de tres huesos aislados; el *ilion*, de situación craneal, el *isquion*, de situación caudal, y el *pubis*, dirigido hacia la parte ventral. Hasta cerca de los 18 años los tres huesos



están aún delimitados entre sí por líneas cartilaginosas (fig. **9**) que inciden respectivamente en el *acetábulo* y tienen la forma de una Y.

En el *ilion* (figs. **116** y **118**) se distingue una placa ósea de superficie amplia dirigida hacia la parte craneal, el *ala del hueso ilíaco*, y un basamento macizo, el *cuerpo del hueso ilíaco*, cuyo segmento caudal forma el sector superior de la cavidad cotiloidea.

La cara interna ligeramente excavada del hueso ilíaco, la *fosa ilíaca*, sirve al m. ilíaco como superficie de origen y rodea al núcleo visceral por la parte dorsal externa. Caudalmente está delimitada por un abultamiento óseo, la *línea innominada*, con respecto al cuerpo del ilion. Dorsalmente a la fosa ilíaca está la *faceta sacropélvica*. Esta lleva la superficie articular en forma de pabellón auricular, la *faceta auricular*, para la articulación sacroilíaca, y dorsocraneal con respecto a ella la *tuberosidad ilíaca* para la fijación de los ligamentos sacroilíacos. Sobre la cara externa del ala ilíaca, la *faceta glútea*, las dos líneas de curso más horizontal, *línea glútea anterior* y *línea glútea inferior*, así como la línea glútea posterior dirigida más verticalmente, delimitan las zonas de origen de los músculos glúteos (figs. **123** y **128**).

El borde craneal engrosado del ala ilíaca es denominado *cresta ilíaca*. Posee tres líneas óseas, *labio externo*, *labio intermedio* y *labio interno*, en

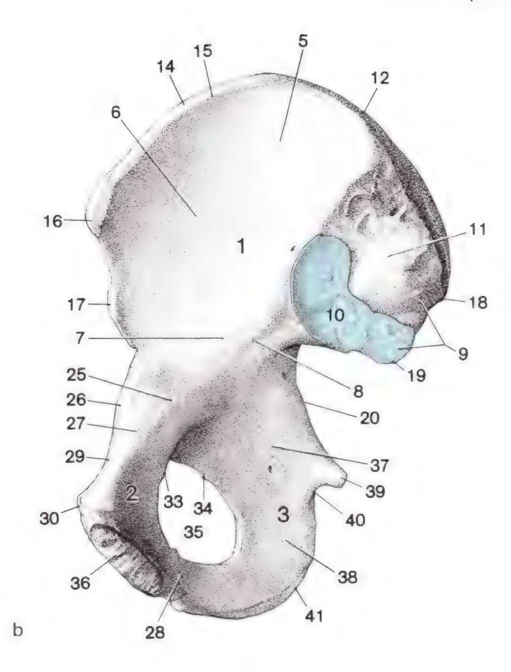


Fig. 116. **Hueso coxal derecho.**
a Vista de la cara externa (♀)
b Vista de la cara interna (♂)

1 Hueso ilíaco
2 Pubis
3 Isquion
4 Acetábulo
5 Ala del hueso ilíaco
6 Fosa ilíaca
7 Línea innominada
8 Cuerpo del hueso ilíaco
9 Faceta sacra
10 Faceta auricular
11 Tuberosidad ilíaca
12 Cresta ilíaca
13 Labio externo
14 Labio intermedio
15 Labio interno
16 Espina ilíaca anterosuperior
17 Espina ilíaca anteroinferior
18 Espina ilíaca posterosuperior
19 Espina ilíaca posteroinferior
20 Escotadura ciática mayor
21 Fosa ilíaca externa
22 Línea glútea anterior
23 Línea glútea posterior
24 Línea glútea inferior
25 Cuerpo del pubis
26 Eminencia iliopectínea
27 Ramo superior del pubis
28 Ramo inferior del pubis
29 Cresta del pubis
30 Espina del pubis
31 Cresta obturatriz
32 Canal obturador
33 Tubérculo obturador interno
34 Tubérculo obturador externo
35 Agujero obturador
36 Faceta sinfisaria
37 Cuerpo del isquion
38 Ramo del isquion
39 Espina ciática
40 Escotadura ciática menor
41 Tuberosidad isquiática
42 Escotadura acetabular
43 Faceta semilunar
44 Fosa acetabular

las que se insertan los músculos oblicuo externo e interno, así como el músculo transverso del abdomen. Ventralmente, la cresta ilíaca termina en la *espina ilíaca anterosuperior,* palpable a través de la piel (origen de los mm. sartorio y tensor de la fascia lata, inserción del lig.inguinal); dorsalmente se continúa en la *espina ilíaca posterosuperior.* En el borde ventral del ilion sobresale la *espina ilíaca anteroinferior.* Está separada por una pequeña hendidura de la espina ilíaca anterosuperior y sirve para la inserción del m.recto femoral y del lig.iliofemoral. En el borde dorsal del ala ilíaca se encuentra caudalmente a la espina ilíaca posterosuperior la espina ilíaca posteroinferior. De las dos espinas ilíacas posteriores se originan fascículos de los ligamentos sacroilíacos y sacrotuberosos. Caudal con respecto a la espina ilíaca posteroinferior, el borde posterior del ilion y el isquion está retraído en la *escotadura ciática mayor,* cuyo límite caudal está formado por la espina ciática. El **pubis** (figs. **116** y **118**) limita por el *cuerpo del hueso pubis* en la zona dorsocraneal con el cuerpo del ilion, y en la dorsocaudal con el cuerpo del isquion. El cuerpo del pubis forma el segmento ventral de la cavidad cotiloidea. En el borde anterior del coxal forma en el límite ilion-pubis la *eminencia iliopectínea,* a la que se fija la *cintilla iliopectínea.* Hacia dentro y ligeramente en dirección ventrocaudal sale del cuerpo del pubis el *ramo superior del pubis,* que en la región de la sínfisis se curva y forma el *ramo inferior del pubis.* El borde superior del ramo superior está dirigido hacia la aguda *cresta del pubis,* orientada en sentido ventrocraneal, que termina en la *espina del pubis,* situada por fuera de la sínfisis. El borde inferior del ramo superior del pubis está agudizado y forma la *cresta obturatriz,* que presenta un surco, el *surco obturador* (limitado anterior y posteriormente por un *tubérculo interno* y *externo*). Mediante un fragmento de la membrana obturatriz, el surco

---

1-10 *Inicio de la osificación "diafisaria"*
1 Ilion, 3.^er^ ME
2 Pubis, 6.°-7.° ME
3 Isquion, 4.°-5.° ME
4 Fémur, 8.° ME
5 Tibia, 7.°-8.° ME
6 Peroné, 8.° ME
7 Hueso metatarsiano, I-V, 9.° ME
8 Falange proximal, 5.° ME
9 Falange media, 8.° ME
10 Falange distal, 9.° ME
11-17 *Aparición de los núcleos de osificación en la rótula y en los huesos del tarso*
11 Rótula, 3-4 A
12 Astrágalo, 7.° ME
13 Calcáneo, 5.°-6.° ME
14 Escafoides, 4 A
15 Hueso cuneiforme, I, II, 3-4 A
16 Hueso cuneiforme, III, 1 A
17 Hueso cuboides, 10.° ME
18-35 *Aparición de los núcleos de osificación epi- y apofisarios*
18 Cresta ilíaca, 13-15 A
19 Espina ilíaca anteroinferior, 16 A
20 Núcleos de osificación en el acetábulo, 10-13 A
21 Espina del pubis, así como entre la rama del isquion y la rama inferior del hueso púbico, 16-20 A
22 Tuberosidad isquiática, 13-15 A
23 Cabeza del fémur, 1 A
24 Trocánter mayor, 3-5 A
25 Trocánter menor, 9 A
26 Epífisis femoral distal, 10.° ME
27 Epífisis tibial proximal, 10.° ME
28 Tuberosidad de la tibia, 11-13 A
29 Epífisis tibial distal, 2 A
30 Cabeza del peroné, 4-6 A
31 Maléolo externo, 2 A
32 Tuberosidad del calcáneo, 9-11 A
33 Epífisis en el hueso metatarsiano I (proximal), en los huesos metatarsianos II-V (distal), 3-4 A
34 Epífisis en las falanges proximal y media, 1-2 A
35 Epífisis en las falanges distales, 3-5 A

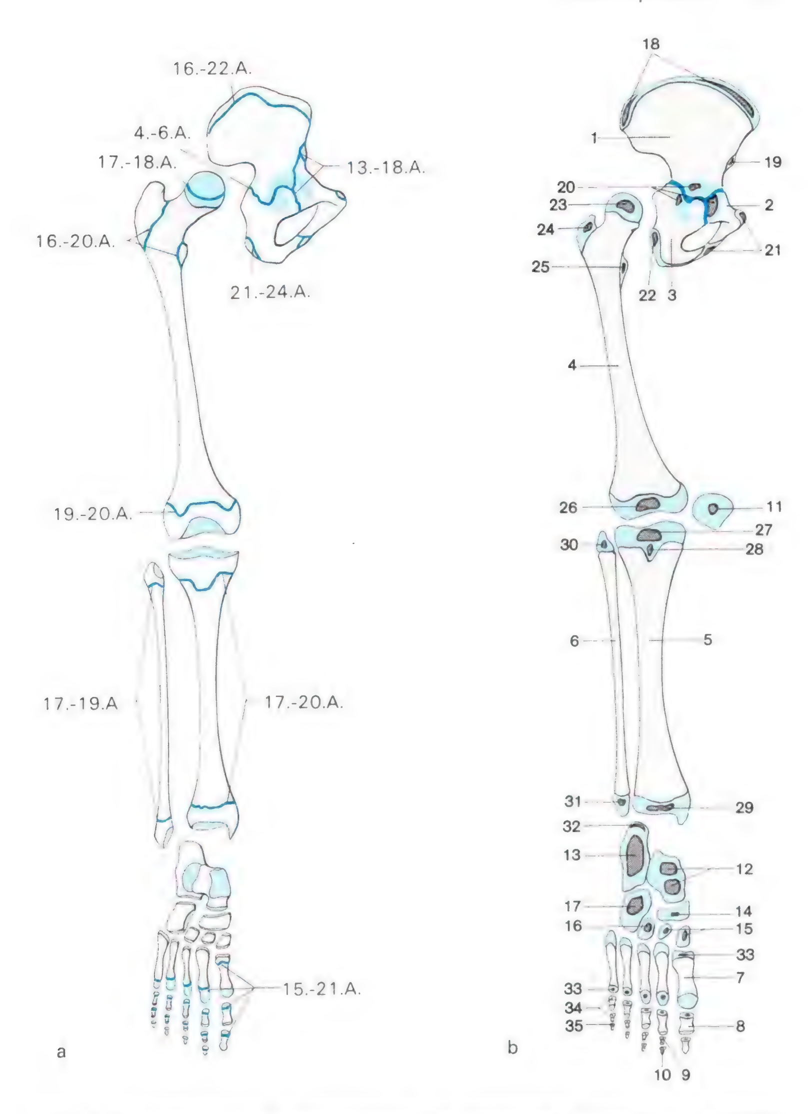


Fig. 117. **Osificación del esqueleto de la extremidad inferior** (según v.LANZ-WACHSMUTH).
a Aparición de los núcleos de osificación
b Cierre de las líneas epi- y apofisarias
(SE = semana embrionaria; ME = mes embrionario; M = mes de vida; A = año de vida.)

óseo se convierte en un *conducto obturador* a través del cual pasan el n.obturador y los vasos obturadores.
El ramo púbico inferior va desde la *faceta sinfisiana* hacia la parte externa caudal y pasa al ramo óseo del isquion. El ramo púbico inferior de ambos lados forma, conjuntamente con el borde inferior de la sínfisis, el *arco púbico.* El ángulo formado es, en la mujer, obtuso y redondeado en el vértice. En el hombre los ramos inferiores del pubis discurren verticalmente hacia abajo, el ángulo es menor de 90° y es denominado por ello *ángulo subpúbico.*
El **isquion** (fig. **116** y **118**) participa con el *cuerpo del hueso isquion* en la formación de la cavidad acetabular y con el *ramo óseo del isquion* en la delimitación dorsocaudal del agujero obturador. Mediante una eminencia ósea en el borde posterior del ramo del isquion, la *espina ciática,* la *profunda escotadura ciática mayor* está separada de la *escotadura ciática menor,* cuya limitación caudal la constituye la *tuberosidad isquiática.* Está situada en el vértice del arco formado por el ramo del hueso isquion y sirve como zona de inserción de la musculatura isquiocrural. En la posición de pie, la tuberosidad isquiática está recubierta por fascículos fibrosos caudales del m.glúteo mayor. En la flexión de la articulación de la cadera estos haces fibrosos se desplazan en sentido craneal, de tal manera que, al sentarse, la tuberosidad sólo tiene por debajo depósitos adiposos subcutáneos.

El *agujero obturador* está rodeado por el cuerpo y ramas del pubis y del isquion (fig. **116**) y cerrado por la membrana obturatriz, cuyos fascículos fibrosos discurren predominantemente en dirección transversa. Posee en su zona mediocraneal una zona clara que, conjuntamente con el surco obturador del pubis, forma el *conducto obturador.* De la cara externa e interna de la membrana se originan el m.obturador externo y el m.obturador interno.

El **acetábulo** está situado en la zona más gruesa del coxal y constituye una excavación semiesférica, enmarcada por un borde óseo bastante prominente (fig. **116**). La cavidad acetabular está constituida por los cuerpos de los tres huesos que se han unido para formar el hueso coxal y aloja la cabeza del fémur. El borde óseo prominente del acétabulo está interrumpido en la región caudal: *escotadura acetabular.* El borde del acetábulo está aquí formado por el *lig.transverso acetabular* (figs. **9** y **128**), que cierra la escotadura. De la superficie del acetábulo únicamente una faja falciforme, la *faceta semilunar,* situada hacia el borde y revestida de cartílago, se articula con la cabeza del fémur. La faceta semilunar rodea el fondo del acetábulo de pared delgada, la *fosa acetabular,* que está rellena de tejido adiposo y se abre hacia la parte caudal por la escotadura acetabular.

Imagen radiológica. El acetábulo es marcadamente plano hasta el 5.° año de vida. Los radiólogos denominan "hueso acetabular" una o varias pequeñas sombras óseas radiológicamente demostrables en el borde superior del ace-

tábulo, mientras que los anatómicos designan con este término uno de los núcleos óseos en la línea cartilaginosa del coxal.

Osificación. En el 3.º-7.º mes fetal se presentan sucesivamente en el coxal cartilaginoso los núcleos de osificación primordiales del ilion, isquion y pubis (fig. **117**), que, a excepción de la sínfisis cartilaginosa en forma de Y en el acetábulo, aproximadamente en el 6.º-10.º año de vida se fusionan entre sí. Si bien en el nacimiento la osificación ha alcanzado el acetábulo, no obstante, en la ancha sincrondrosis hasta los 10-13 años no se originan tres núcleos de osificación inicialmente aislados, que entre los 13-18 años sinostosan entre sí y con los núcleos principales. La osificación epifisaria de la cresta del isquion y la presentación de núcleos apofisarios en la espina ilíaca anteroinferior y en la tuberosidad isquiática tienen lugar entre los 13 y 16 años. En la espina púbica y entre la rama isquiática y púbica se presentan núcleos óseos apofisarios entre los 16 y los 20 años.

b) Conexiones de la cintura pélvica

Los dos coxales están unidos en la parte ventral por la *sínfisis púbica*, mientras que dorsalmente se articulan con el sacro en la *articulación sacroilíaca.*

En la **articulación sacroilíaca** (fig. **118**) se encuentran la faceta auricular del sacro y del ilion en una unión rígida, prácticamente inmóvil (anfiartrosis).

El revestimiento cartilaginoso de las superficies articulares consta superficialmente de cartílago fibroso y en la profundidad de cartílago hialino. Las superficies articulares están frecuentemente engranadas entre sí de una manera complicada y unidas por fascículos fibrosos intraarticulares.

Ligamentos. En el lado ventral tensan la hendidura articular (fig. **118**) los *ligg.sacroilíacos ventrales*. Los potentes *ligg.sacroilíacos interóseos*, de fibras cortas, se dirigen por detrás de la articulación desde la tuberosidad sacra del hueso sacro hacia la tuberosidad ilíaca. Hacia la parte dorsal siguen los *ligg.sacroilíacos dorsales*, cuyos fascículos cortos y anchos discurren oblicuamente desde la parte lateral del sacro hacia la tuberosidad ilíaca y hacia la espina ilíaca posteroinferior, mientras que los fascículos largos superficiales se dirigen verticalmente hacia arriba a la espina ilíaca posterosuperior. En dirección craneal se añade a los ligg.sacroilíacos el *lig.iliolumbar*, que va desde el proceso costal de la 5.ª vértebra lumbar (es decir, por un rudimento de costilla homólogo de la parte externa del sacro) hasta la cresta ilíaca (fig. **118**).
La forma de las superficies articulares y las potentes masas fibrosas no permiten en la articulación sacroilíaca ningún movimiento digno de mención.

Solamente durante el embarazo los fascículos ligamentosos están relajados con tal amplitud que pasivamente —no mediante actividad muscular activa— es posible un movimiento de balanceo en torno a un eje frontal. Puede ser provocado por una determinada situación corporal, la denominada si-

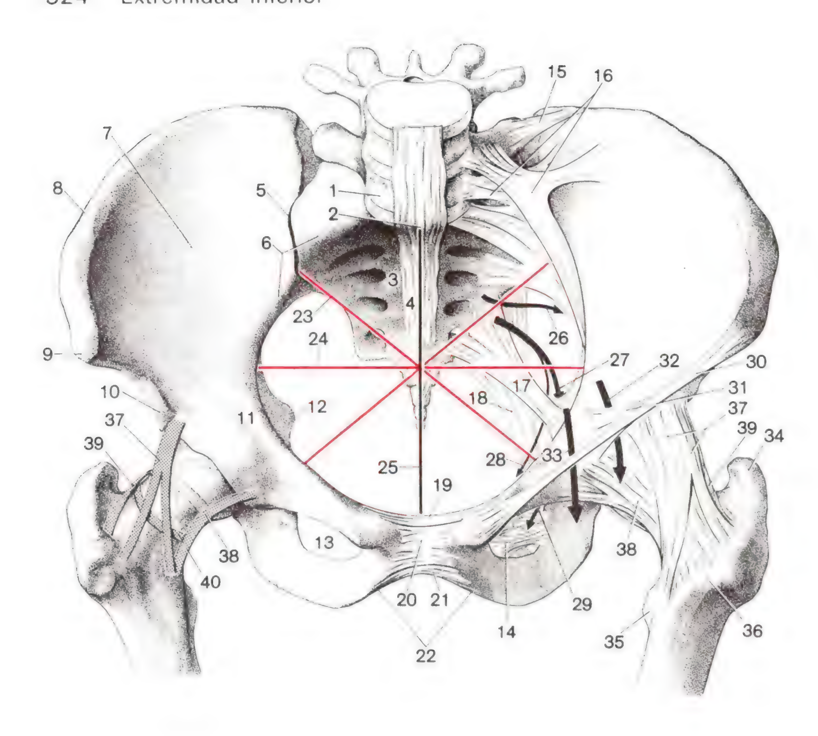


Fig. 118. **Pelvis ósea femenina** (lado derecho de la pelvis) y **ligamentos pélvicos**, diámetros de la entrada de la pelvis, vías vásculo-nerviosas (flecha), **articulación de la cadera.**

1 Vértebra lumbar V
2 Promontorio
3 Sacro
4 Lig.longitudinal anterior
5 Art.sacroilíaca
6 Línea innominada
7 Fosa ilíaca
8 Cresta ilíaca
9 Espina ilíaca anterosuperior
10 Espina ilíaca anteroinferior
11 Eminencia iliopectínea
12 Espina ciática
13 Agujero obturador
14 Membrana obturatriz
15 Lig.iliolumbar
16 Ligg.sacroilíacos ventrales
17 Lig.sacrociático menor
18 Lig.sacrociático mayor
19 Lig.púbico superior
20 Disco interpúbico
21 Lig.subpúbico
22 Arco púbico
23 Diámetros oblicuos
24 Diámetros transversos
25 Diámetro sagital de la pelvis
26-29 *Vías vásculo-nerviosas a través del departamento suprapiriforme* del agujero ciático mayor (26)
del departamento infrapiriforme del agujero ciático mayor (27)
del agujero ciático menor (28)
del conducto obturador (29)
30 Lig.inguinal
31 Cintilla iliopectínea
32 Flecha en la laguna muscular
33 Flecha en la laguna vascular
34 Trocánter mayor
35 Trocánter menor
36 Línea intertrocantérea
37 Lig.iliofemoral
38 Lig.pubofemoral
39 Lig.isquiofemoral
40 Zona orbicular

tuación colgante de Walcher, y origina una pequeña dilatación de la entrada de la pelvis.

Conexiones ligamentosas entre sacro e isquion. La importancia de la conexión sacroilíaca reside en que la carga corporal ejercida sobre el sacro es transmitida al coxal. Esto sucede tanto directamente a través de las superficies articulares de la articulación sacroilíaca como también indirectamente a través de los ligg.sacroilíacos, por medio de los cuales el sacro puede considerarse hasta cierto punto como colgado de las partes laterales del anillo pélvico. Bajo la carga corporal, el sacro tiene tendencia a girar en torno a un eje frontal, de manera que el promontorio (borde anterior de la base del hueso sacro) se inclina hacia la parte ventrocaudal, mientras que el vértice del sacro es elevado por dos potentes ligamentos, los ligg.sacrociático menor y sacrociático mayor.
El *lig.sacrociático menor* (figs. **118, 122** y **123**) va como placa fibrosa triangular desde el borde lateral del sacro y cóccix hacia la espina ciática y separa el agujero ciático mayor del agujero ciático menor.
El potente *lig.sacrociático mayor* (figs. **118, 122, 123** y **134**) posee una extensa línea de inserción en el borde externo del sacro y cóccix. Fascículos fibrosos craneales proceden de la espina ilíaca posterosuperior. El ligamento se fija a la tuberosidad isquiática, junto con el lig.sacrociático menor complementa la escotadura ciática mayor y forma el agujero ciático mayor, y la escotadura ciática menor se convierte en el agujero ciático menor.

Los haces fibrosos en el borde inferior del ligamento se continúan hacia la parte interna con el *repliegue falciforme*, una cinta marginal reforzada de la fascia del m.obturador interno en la cara interna de la rama del isquion.

A través del agujero ciático mayor sale el m.piramidal de la pelvis con lo que craneal y caudal deja libre una abertura en forma de hendidura, el “foramen suprapiriforme” o “infrapiriforme” para los nervios y vasos. A través del agujero ciático menor pasa el m.obturador interno por la cara externa de la pelvis, mientras que el n.pudendo y los vasos pudendos internos llegan de nuevo al interior de la pelvis a través de este agujero.
En la **sínfisis del pubis,** los dos huesos del pubis están unidos por el *disco interpúbico* (figs. **118** y **119**). En el adulto consta casi exclusivamente de cartílago fibroso; el cartílago hialino originalmente existente persiste a cada lado sólo en un delgado disco que limita inmediatamente con el hueso.

Después del nacimiento se presenta en el disco una hendidura variablemente desarrollada, rellena de líquido sinovial. En el borde superior e inferior sobresale (en la cara anterior bastante más ancho) el cartílago sinfisario, algo por encima de la limitación ósea de la sínfisis púbica. En la parte craneal está cubierto por el lig.púbico superior y en la caudal por el lig.subpúbico.

El *lig.púbico superior* une el borde superior de ambos pubis, el *lig.subpúbico* reviste el ángulo púbico (figs. **118** y **119**). Ambos ligamentos de refuer-

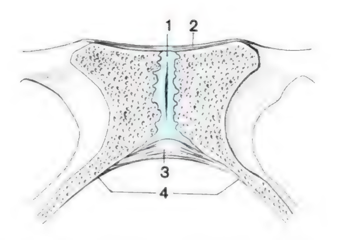


Fig. 119. **Corte frontal a través de la sínfisis púbica de una pelvis femenina.**
1 Disco interpúbico
2 Lig.púbico superior
3 Lig.subpúbico
4 Arco púbico (> 90°)

zo están fusionados fuertemente con el periostio del hueso y con el pericondrio del cartílago sinfisario.
En la estación sobre los dos pies, la *sínfisis* es requerida ante todo en la tracción, en la estación sobre un pie es requerida ante todo en el empuje. En la posición sentada, el requerimiento de la sínfisis es distinto según la forma de la pelvis.

En la pelvis típicamente masculina, en la que la distancia de las tuberosidades isquiáticas es menor que la distancia de las dos articulaciones sacroilíacas, la sínfisis es requerida ante todo en la presión; por el contrario, en la pelvis típicamente femenina, en la que la distancia de las tuberosidades es mayor que la separación de las articulaciones sacroilíacas, la sínfisis es requerida en la tracción.

La constitución histológica de la sínfisis corresponde a la multiplicidad y variedad de exigencias mecánicas. El tejido cartilaginoso recibe fuerzas de presión, los haces de fibrillas transversas realizan las fuerzas de tracción, y los haces de fibras que cruzan la línea media oblicuamente tienen a su cargo la resistencia a las fuerzas de empuje.

2. Pelvis

El **esqueleto pélvico** constituye –como ya dijimos antes– un anillo óseo formado por tres segmentos parciales; los dos huesos coxales y el hueso sacro. La *pelvis mayor* está formada por las dos alas ilíacas que rodean por la parte dorsal externa el núcleo visceral. La *pelvis menor*, cuya pared ósea está formada por todos los elementos del esqueleto pélvico, encierra los órganos pélvicos.
La línea limitante, *línea terminal*, que separa la pelvis mayor de la menor, se compone del promontorio, la línea innominada y la cresta pectínea (fig. **118**). En la zona del coxal le corresponde una potente trabécula ósea, que va desde la articulación sacroilíaca a la sínfisis y está implantada en el acetábulo por la cara externa. Transmite la presión que la carga corporal ejerce sobre el sacro, en la cabeza del fémur. La parte trabecular anterior recibe las tensiones producidas en la sínfisis. A la trabécula primordial se le ha añadido por la parte proximal y caudal respectivamente un marco óseo, que en la pelvis mayor está formado por el borde engrosado del ala ilíaca, y en la pelvis menor por las ramas del pubis y la rama isquiática. La parte media de ambos marcos carece prácticamente de importancia

para la resistencia de la pelvis; sin embargo, sirve como zona de inserción muscular de origen.

En el centro de la parte pélvica caudal, el hueso está totalmente reducido y sustituido por la membrana obturatriz. La parte central del ala iliaca consta, ante todo en la zona dorsal, de una delgada placa ósea. En su cara externa se originan los abductores de la articulación de la cadera (mm.glúteo medio y menor), que durante la fase de estación sobre la pierna fijan la pelvis y evitan que se doble hacia el lado de la pierna libre. El aumento y la variación de posición de su superficie de origen, el ala del hueso iliaco, representan una importante adaptación a la marcha del hombre en posición erguida.

Un raquitismo no tratado a su debido tiempo en el lactante y niño pequeño, en el que, a consecuencia del déficit de vitamina D, el osteoide neoformado no es mineralizado, origina también alteraciones morfológicas del esqueleto pélvico. Bajo la presión de la carga corporal sobre el sacro y la tensión antagónica de las cabezas del fémur en los acetábulos, la pelvis se aplana (pelvis raquítica, plana) o adopta —en la forma de raquitismo grave actualmente rara— la forma de corazón de naipe. Como quiera que las deformaciones persisten también después de curada la enfermedad, pueden constituir una dificultad para el parto.

Canal del parto. En el parto, la cabeza del feto debe pasar a través de la pelvis menor de la madre. El canal pélvico (canal del parto) forma un tubo doblado hacia la parte ventral en torno a la sínfisis, que a la altura de la 3.ª vertebra sacra alcanza su amplitud máxima (anchura de la pelvis). La *línea guía* de la pelvis menor, el *eje pélvico*, discurre por el punto medio del diámetro mediano (*conjugado*) de la entrada de la pelvis (fig. **118**), del centro pélvico y de la salida de la pelvis (fig. **120**). La *entrada de la pelvis, abertura superior de la pelvis*, está delimitada por la línea terminal (fig. **118**). El plano de entrada de la pelvis en la postura normal del cuerpo en posición erecta está inclinado unos 65° con respecto a un plano horizontal (*inclinación de la pelvis*, fig. **120**). La pelvis, sin embargo, puede verticalizarse o aplanarse notablemente, sin que ello repercuta en una modificación de la postura corporal; pues la posición modificada de la pelvis es compensable con un correspondiente aumento o disminución del ángulo lumbosacro. En la posición de asiento, el plano de la entrada de la pelvis es aproximadamente horizontal. La *salida de la pelvis, abertura inferior de la pelvis*, está limitada por el vértice del cóccix, por las tuberosidades isquiáticas y las ramas del pubis.

Medida de la pelvis femenina. El diámetro sagital ínfimo lo muestra el canal del parto en la salida de la pelvis entre el vértice del cóccix y la cara posterior de la sínfisis (diámetro conjugado de la salida de la pelvis, aproximadamente 9 cm), pero, sin embargo, la cabeza del feto puede comprimir hacia atrás el vértice del cóccix en aproximadamente 2,5 cm. La localización efectivamente más estrecha del canal del parto se encuentra así en el diámetro rectilíneo de la entrada de la pelvis (entre el promontorio y la cara posterior de la sínfisis). Es designada como *diámetro conjugado sacrosuprapúbico* (fig. **120**) y en la mujer mide por término medio 11 cm

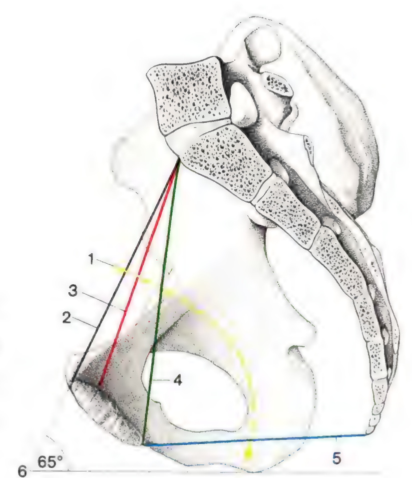


Fig. 120. **Eje y diámetro de la pelvis.**
1 Eje de la pelvis
2 Diámetro conjugado de la entrada de la pelvis 11,7 cm
3 Diámetro conjugado verdadero 11 cm
4 Diámetro conjugado diagonal
5 Diámetro de la salida de la pelvis 9 cm
6 Inclinación de la pelvis = 55-75°

(en el hombre algo menos); no obstante, en el ser vivo no puede medirse directamente. Según la experiencia es 1,5-2 cm menor que el *diámetro conjugado diagonal*, mensurable sin dificultades en la mujer viva (distancia entre promontorio y borde inferior de la sínfisis, fig. **120**), que es de aproximadamente 13 cm. El *diámetro pélvico transversal* (fig. **118**) es el mayor (unos 13,5 cm); el *diámetro oblicuo* (fig. **118**), que une la articulación sacroilíaca con la eminencia iliopúbica del lado opuesto, mide de 12 a 12,5 cm. Ambas medidas no son determinables en la mujer viva.

En la praxis tocológica son usuales una serie de *medidas pélvicas externas*, por ejemplo *el diámetro conjugado externo* (distancia de la cara anterior de la sínfisis a la 5.ª espina vertebral, aproximadamente 20 cm), el *diámetro interespinoso* (separación de las espinas ilíacas anterosuperiores de ambos lados), el *diámetro intercrestal* (separación de las crestas ilíacas), etc. Todas estas medidas son mensurables sin dificultades en la mujer viva, pero no obstante no permite ninguna conclusión segura sobre la anchura del canal del parto, dado que los segmentos medidos que se han citado no siempre están estrictamente correlacionados con las dimensiones de la pelvis menor.

Diferencias sexuales de la pelvis. La pelvis ósea del adulto muestra en el caso típico diferencias características de sexo. La configuración de la pelvis femenina (como premisa para un desarrollo sin obstáculos del parto) tiene lugar durante la pubertad bajo la influencia de las hormonas sexuales.
La *entrada de la pelvis* es en la mujer sexualmente madura más redondeada u ovalada transversal (fig. **118**); en el hombre el promontorio sobresale más en sentido ventral, de manera que la entrada de la pelvis adopta la forma de un corazón de naipe.

El *ángulo subpúbico* es en el hombre como máximo de 90º. En la mujer la sínfisis es menor, el arco del pubis (fig. **118**) está redondeado en forma de arco, el ángulo es mayor de 90º (fig. **119**).
En el *agujero obturador*, en el hombre, el diámetro máximo está situado en sentido vertical; en la mujer, el agujero se extiende más en sentido transversal (fig. **118**). Las *alas del ilíaco*, en la mujer, se inclinan más hacia la parte externa que en el hombre; la pelvis, en conjunto, es relativamente menor y más ancha.

La *distancia de las tuberosidades isquiáticas* es en el hombre relativamente menor que en la mujer.
En la mujer, el *sacro* es a menudo mucho más ancho, y siempre relativamente más ancho que en el hombre. En la mujer, el diámetro transversal de la *fosa de Venus*, es decir, la distancia de la hendidura articular de las articulaciones sacroilíacas, no es, por lo tanto, esencialmente menor que el diámetro vertical.

3. Suelo de la pelvis

a) Diafragma pélvico y diafragma urogenital

Mientras que las paredes del canal pélvico poseen un extenso fundamento esquelético, la salida de la pelvis está únicamente cerrada por placas musculares y conjuntivales. Ellas forman, en conjunto, el *suelo de la pelvis*, al que le corresponde un papel esencial para asegurar la situación de la pelvis y de los órganos pélvicos, si bien tampoco debe cargar —como antes se suponía— con el peso total de las vísceras. El paso del segmento distal del tubo intestinal, así como de las vías genitales y urinarias, limita la capacidad de resistencia mecánica de las placas musculares y conjuntivales de la salida de la pelvis. Un aumento extremo de la tensión intraabdominal que se repita persistentemente, una debilitación del aparato conjuntival o una lesión de la musculatura del suelo de la pelvis (p. ej., después de varios partos) pueden (en la mujer más frecuentemente que en el hombre) provocar un descenso y *prolapso* de los órganos pélvicos.

Se distingue:
- el *diafragma de la pelvis* (fig. **121**), que encierra una gran parte del canal pélvico y que está formado, ante todo, por el m.elevador del ano y sus cubiertas fasciales, y
- el *diafragma urogenital* (fig. **121**), una placa musculosa conjuntival entre las dos ramas isquiáticas y púbicas, caudal con respecto al diafragma de la pelvis. Craneal con respecto al diafragma de la pelvis, se extiende el espacio conjuntival subperitoneal (fig. **121**), una zona conjuntival a trechos extendida entre peritoneo y fascia parietal abdominal, que alberga (parcial o totalmente) las vísceras pélvicas.

Caudal con respecto al diafragma urogenital existe el *espacio perineal superficial* (fig. **121**), que, entre otros, aloja a los músculos perineales superficiales y es cerrada por la *fascia perineal superficial.*
Por *espacio perineal profundo* (fig. **121**) se designa el espacio entre la fascia superior e inferior del diafragma urogenital.

La **fosa isquiorrectal** es un espacio hendido en forma triangular de la fascia diafragmática pélvica inferior y de la fascia obturatriz (fig. **121**). En la parte ventral yace la fosa isquiorrectal craneal con respecto al diafragma urogenital y termina ciego detrás del pubis (fig. **123**). Es rellenada por un *cuerpo adiposo de la fosa isquiorrectal* y es recorrida por los vasos pudendos internos y el n.pudendo.

La *región perineal* es la zona en forma de fosa debajo del suelo de la pelvis, cuya línea de limitación discurre bilateral desde el borde inferior de la sínfisis por las tuberosidades isquiáticas al vértice del cóccix. Delante de la línea de conjunción de las dos tuberosidades isquiáticas se encuentra la *región urogenital*; el triángulo posterior se denomina *región anal.* El *surco anal*, con el individuo de pie, desciende profundamente entre las dos *nalgas.* El puente de partes blandas entre orificio anal y genitales es designado periné, y rafe perineal la línea cutánea pigmentada de color marrón que en el hombre es continuación del rafe escrotal.

El **diafragma de la pelvis** tiene forma de embudo (fig. **121**) y consta del *m.elevador del ano* y el *m.coccígeo*, así como el revestimiento fascial en la cara inferior y superior, la *fascia diafragmática pélvica superior e inferior* (figs. **122** y **123**). En la pared pélvica lateral está fijado a lo largo de una línea que comienza en la cara posterior del pubis, aproximadamente a media altura de la sínfisis, y, descendiendo oblicuamente, transcurre sobre la fascia obturatriz, la espina ciática y el lig.sacroespinal hacia la 4.ª vértebra sacra. El corto tubo de inserción del embudo rodea el segmento distal del recto, el conducto anal. La pared anterior del embudo es incompleta. El hueco en el diafragma pélvico, detrás de la sínfisis, en forma de hendidura y algo triangular visto por encima y por debajo, llamado *puerta del elevador*, está limitado a ambos lados por el borde libre del m.elevdor del ano, la *rama del elevador.* Por la puerta del elevador pasa la uretra; en la mujer, a través de esta abertura aún más amplia, pasa, además, la vagina.
El **diafragma urogenital** cierra la abertura del elevador, caudalmente con respecto al diafragma pélvico (fig. **121**). En su segmento posterior consta del *m.transverso perineal profundo*, que como placa muscular en forma de trapecio se tensa entre las dos ramas isquiáticas, así como de la *fascia diafragmática urogenital superior e inferior* (figs. **122** y **123**) en la cara superior e inferior del músculo respectivamente. El segmento ventral del diafragma urogenital entre las dos ramas isquiáticas ascendentes está formado por el *lig.transverso del perineo* (figs. **122** y **123**), en el que se unen las dos fascias en el borde anterior del músculo. Entre diafragma urogenital y lig.subpúbico sólo queda libre una pequeña hendidura vascular, por la que circula la vena dorsal del pene (del clítoris) profunda (fig. **122**) hacia el plexo venoso prostático (en la mujer al plexo venoso vesical).

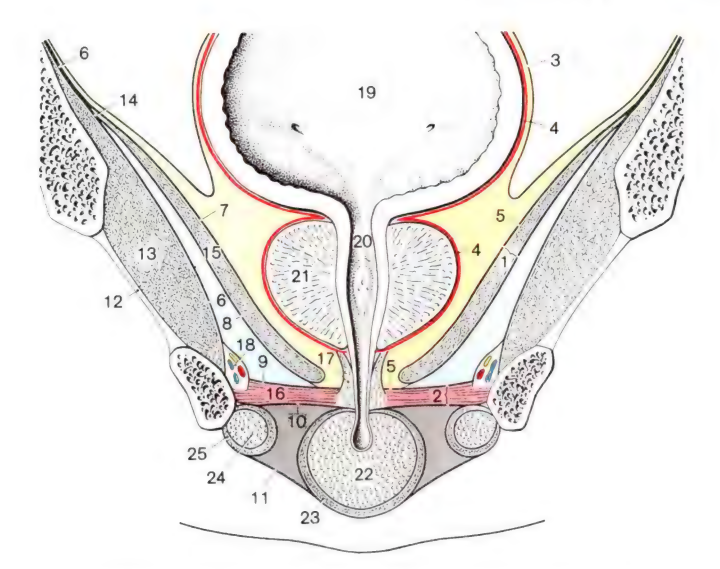


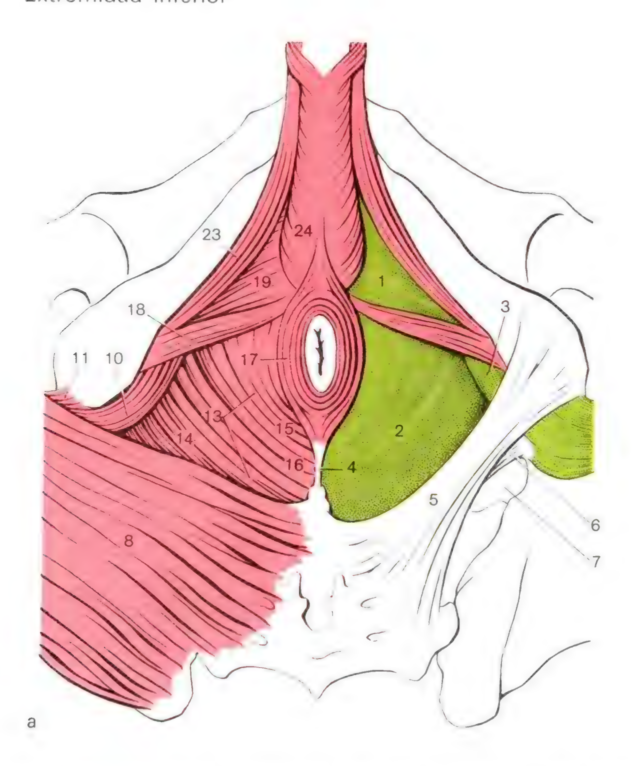
Fig. 121. **Espacios conjuntivales de la pelvis menor masculina.** Corte frontal en el plano de la parte prostática de la uretra. Vista ventral.

- Espacio conjuntival subperitoneal
- Fosa isquiorrectal
- Espacio perineal profundo
- Espacio perineal superficial

1 Diafragma pélvico
2 Diafragma urogenital
3 Peritoneo
4 Fascia pélvica visceral
5 Fascia pélvica parietal
6 Fascia obturatriz
7 Fascia diafragmática pélvica superior
8 Fascia diafragmática pélvica inferior
9 Fascia diafragmática urogenital superior
10 Fascia diafragmática urogenital inferior
11 Fascia perineal superficial
12 Membrana obturatriz
13 M.obturador interno
14 Arco tendinoso del m.elevador del ano
15 M.elevador del ano
16 M.transverso perineal profundo
17 M.esfínter de la uretra
18 Canal pudendo: vasos pudendos internos y n.pudendo a la entrada en el diafragma urogenital
19 Vejiga urinaria
20 Uretra
21 Próstata
22 Cuerpo esponjoso del pene
23 M.bulboesponjoso
24 Raíces del pene
25 M.isquiocavernoso

b) Disposición e inervación de los músculos del suelo de la pelvis

Fascia pélvica parietal. Como parte de la fascia abdominal profunda, o fascia transversal, que reviste la cara interna de la pared muscular abdominal, la *fascia ilíaca* cubre en la pelvis mayor el m.psoas ilíaco. Está fijada tanto a la cresta iliaca como también –mediante la fascia del m. psoas– a la linea terminal y se continúa como fascia pélvica parietal en la pelvis menor (fig. **121**). Con este nombre común se designa la totalidad de



las fascias musculares en la región de la pelvis menor que delimitan el espacio conjuntival subperitoneal. La fascia pélvica parietal está formada:

- por encima del diafragma pélvico: por la fascia obturatriz (figs. **121** y **122**) que reviste el m.obturador interno;
- en el m.elevador del ano: por la fascia diafragmática pélvica superior (fig. **121**) en la superficie del músculo;
- en la abertura del elevador: por la fascia diafragmática urogenital superior (fig. **121**) en el m.transverso perineal profundo.

Las visceras pélvicas situadas en la capa conjuntival subperitoneal poseen una envoltura conjuntival –más o menos manifiesta– a modo de fascia, que está especialmente desarrollada en la vejiga urinaria y ampolla rectal, es decir, en órganos con estado de repleción rápidamente variable, y que es denominada *fascia pélvica visceral* (fig. **121**). En la localización de paso de estos órganos a través de la musculatura del suelo de la pelvis están en conexión reciproca la fascia pélvica visceral y parietal.

Origen genético de los músculos del suelo de la pelvis. La musculatura del suelo de la pelvis es derivada de la musculatura de la pared abdominal (estriación transver-

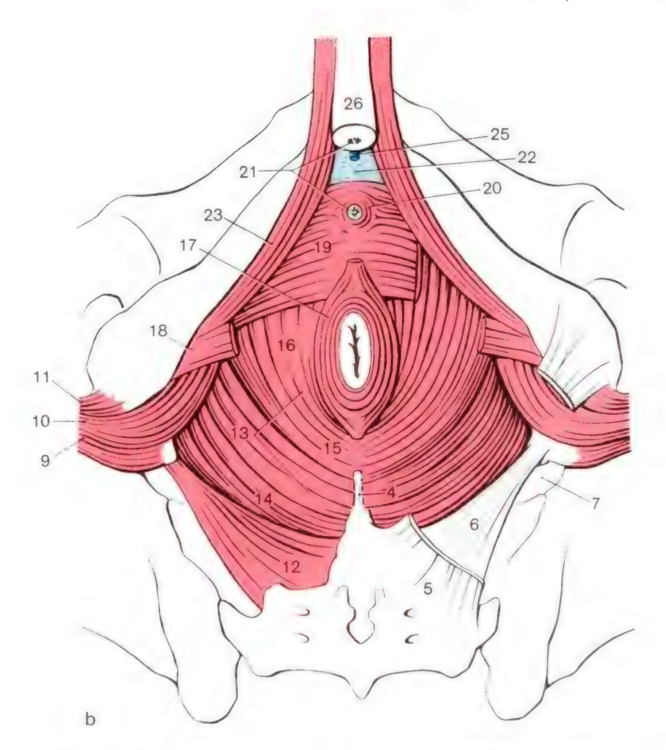


Fig. 122. **Suelo de la pelvis y perineo en el hombre, fascias y músculos.** Vista caudal.

a Capa superficial, capa de fascias separada en la mitad derecha del cuerpo

b Músculos de la capa profunda

1 Fascia diafragmática urogenital inferior
2 Fascia diafragmática pélvica inferior
3 Fascia obturatriz
4 Lig.anococcígeo
5 Lig.sacrotuberoso
6 Lig.sacrociático menor
7 Agujero ciático mayor
8 M.glúteo mayor
9 M.gemelo superior
10 M.obturador interno
11 M.gemelo inferior
12 M.coccígeo
13 M.elevador del ano
14 M.iliococcígeo
15 M.puborrectal
16 M.pubococcígeo
17 M.esfínter externo del ano
18 M.transverso perineal superficial
19 M.transverso perineal profundo
20 M.esfínter de la uretra
21 Uretra
22 Lig.transverso del perineo
23 M.isquiocavernoso
24 M.bulboesponjoso
25 V.dorsal profunda del pene
26 Cuerpo esponjoso del pene

sal). El m.elevador del ano procede de un músculo tronco-caudal (m.aductor caudal) y es, por tanto, "directamente" inervado por ramos del plexo sacro. El m.transverso perineal profundo y el m.esfínter de la uretra desprendido del primero, asi como la musculatura perineal superficial (mm.transverso perineal superfi-

cial, isquiocavernoso, bulboesponjoso, figs. **121-123**) que son inervados por el n.pudendo, proceden por el contrario del m.esfínter de la cloaca de los reptiles, que en la filogénesis se ha dividido en un m.esfínter urogenital y un m.esfínter anal. Debe destacarse que en los músculos elevador del ano, transverso perineal profundo y esfínter de la uretra, así como sus fascias, hay entremezcladas abundantes células musculares lisas.

El **m.elevador del ano** (figs. **121-124**) sale de la cara interna del pubis, con su fuerte componente anterior, el *m.pubococcígeo* (fig. **122**) y del ilion con el segmento delgado añadido dorsalmente, el *m.iliococcígeo* (fig. **122**), inmediatamente por debajo de la línea terminal. En el tendón de inserción de origen, al que la fascia del m.obturador interno se superpone estrechamente, irradian fascículos tendinosos procedentes de la fascia obturatriz. El origen de estas fibras puede estar reforzado por un arco tendinoso de trayecto en forma de arco, el *arco tendinoso del m.elevador del ano* (figs. **121** y **124**). Los haces internos del m.pubococcígeo del lado derecho e izquierdo forman la *rama del elevador*. Discurren en sentido caudal y dorsal y se dividen respectivamente a los lados del intestino rectc en un fascículo prerrectal delgado que penetra en el centro tendinoso del periné, y en fascículos potentes situados más profundamente (es decir, más

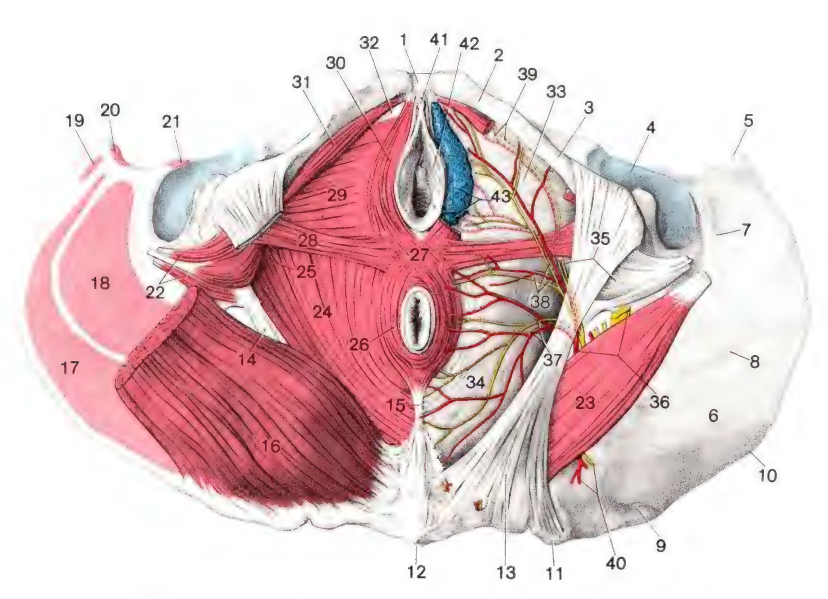


Fig. 123. **Suelo de la pelvis en la mujer, arterias y nervios del perineo** (lado izquierdo del cuerpo). Vista caudal.

caudales), que abrazan al recto dorsalmente y forman un lazo con las fibras correspondientes del lado opuesto, *m.puborrectal* (fig. **122**). Los fascículos externos del m.pubococcígeo alcanzan dorsalmente el cóccix (y el sacro). Las fibras musculares del m.iliococcígeo se unen al *lig.anococcígeo* (figs. **122** y **123**), un fascículo conjuntival resistente entre ano y hueso coccígeo, al cóccix y al sacro.

Como **m.coccígeo** se denomina, en el hombre, un músculo casi siempre rudimentario que nace de la cara interna de la espina isquiática y –sepultado en el lig. sacroespinal, que le sustituye funcionalmente– al borde lateral del cóccix y se dirige a las vértebras sacras inferiores (figs. **122** y **124**).
El m.coccígeo es separado del m.elevador del ano, del que se ha separado en la filogénesis, por una hendidura rellenada con tejido conjuntivo.

Inervación del m.elevador del ano y coccígeo: por ramos directos del plexo sacro ($S_{3,\ 4}$).

El **m.transverso perineal profundo** (figs. **121, 122** y **123**) se extiende en forma de un trapecio (o de un triángulo con vértice romo dirigido hacia la sínfisis) entre las dos ramas isquiáticas. Forma el segmento muscular (dorsal) del diafragma urogenital. Haces fibrosos de forma anular rodean como *m.esfínter de la uretra* el tabique membranoso de la uretra (figs. **121** y **122**).

En el hombre, las fibras musculares estriadas transversalmente del esfínter, que casi siempre son más claras y bastante más delgadas que las fibras rojas del pro-

---

◄ 1 Sínfisis púbica
2 Ramo inferior del pubis
3 Ramo del isquion
4 Facies lunata
5 Espina ilíaca anterosuperior
6 Ala del hueso ilíaco
7 Línea glútea inferior
8 Línea glútea anterior
9 Línea glútea posterior
10 Cresta ilíaca
11 Espina ilíaca posterosuperior
12 Cresta sacra
13 Lig.sacrociático mayor
14 Lig.sacrociático menor
15 Lig.anococcígeo
16 M.glúteo mayor
17-21 *Zonas de origen de los músculos para:*
17 M.glúteo mediano
18 M.glúteo menor
19 M.tensor de la fascia lata
20 M.sartorio
21 M.recto anterior del muslo
22 M.obturador interno y mm.géminos
23 M.piramidal de la pelvis
24 M.elevador del ano
25 Fosa isquiorrectal
26 M.esfínter externo del ano
27 Centro tendinoso del perineo
28 M.transverso perineal superficial
29 M.transverso perineal profundo
30 M.bulboesponjoso
31 M.isquiocavernoso
32 Lig.transverso del perineo
33 Fascia diafragmática urogenital inferior
34 Fascia diafragmática pélvica inferior
35 Fascia obturatriz
36 Departamento infrapiramidal del agujero ciático mayor, con (de lateral a medial): n.ciático mayor, n.cutáneo posterior de muslo, n.glúteo inferior, a.glútea inferior, n.pudendo, a.pudenda interna
37 A.rectal inferior y n.rectal inferior
38 A.perineal y nn.perineales
39 A. y n.dorsal del clítoris
40 Departamento suprapiramidal del agujero ciático mayor con: a.glútea superior y n.glúteo superior
41 Clítoris
42 Labio menor de la vulva
43 Bulbo vestibular y glándula de Bartholin

pio m.transverso perineal profundo, alcanzan a la próstata. En la mujer, las fibras del transverso de curso horizontal son interrumpidas detrás de la uretra por la inclusión de la vagina y penetran en su pared muscular. En multíparas, el músculo está sustituido en su mayor parte por haces de tejido conjuntivo.

Dado que tanto en el m.transverso perineal profundo como también en el m.esfínter de la uretra están incluidos haces de células musculares lisas, estos músculos no son fuertemente delimitables de la musculatura lisa de la uretra, próstata y vagina.

El m.transverso perineal profundo y el m.esfínter de la uretra constituyen en la cara anterior de la uretra una unidad de dependencia recíproca. En la mujer son

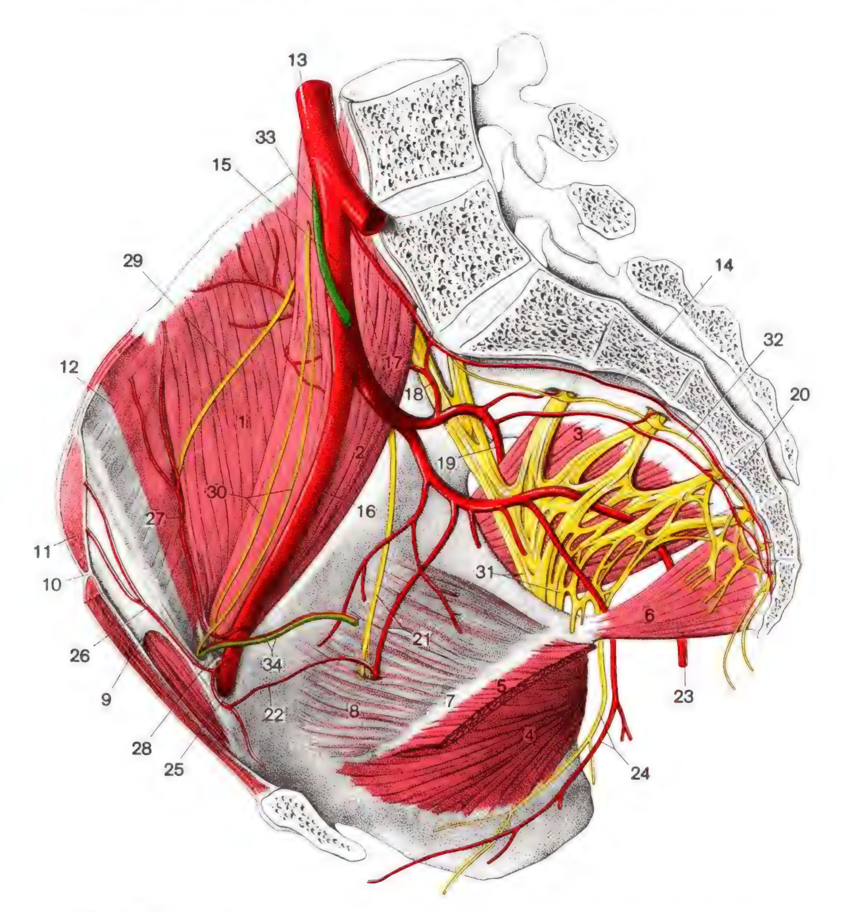


Fig. 124. **Músculos, arterias y nervios en la pared y el suelo de una pelvis masculina.** Vista medial de un corte sagital.

separadas entre sí externamente, en el hombre dorsalmente a la uretra por haces musculares lisos, que de la pared muscular de la uretra penetran en la fascia diafragmática urogenital superior.

Inervación de los mm.transverso perineal profundo y esfínter de la uretra: por ramos musculares del n.pudendo, que antes de pasar al n.dorsal del pene entran los músculos del perineo.

Se denomina **centro tendinoso del perineo** la pequeña placa de tejido existente entre el recto y la uretra (fig. **124**), la cual —en oposición a su nombre— consta predominantemente de musculatura lisa.

El centro muscular-conjuntival constituye un punto nodular importante desde el punto de vista mecánico, en el que las fascias de los mm.elevador del ano, transverso perineal profundo, bulboesponjoso y esfínter externo del ano están en conexión entre sí, con la cápsula de la próstata y con la musculatura lisa de los órganos pélvicos. A través del fascículo muscular cedido por las fascias, el centro es tensado prácticamente desde todas partes y forma una placa estriada rígida. En el centro tendinoso del perineo yacen en dirección a la pelvis tabiques conjuntivales de disposición frontal. En el hombre, el tabique rectovesical se desliza entre el recto y la vejiga o la próstata; en la mujer, el tabique rectovaginal se desliza entre el recto y la vagina.

La base del centro tendinoso la forman haces musculares de células lisas de curso transversal, que se tensan entre ambas ramas del elevador y la puerta del elevador en un segmento anterior, el "hiato urogenital", y una salida posterior, el "hiato anal". Se denominan: en el hombre, m.elevador de la próstata; en la mujer, m.pubovaginal (en lugar de la denominación antigua más acertada "m.elevador de la vagina"). En el centro tendinoso perineal penetran las fibras prerrectales del m.elevador del ano. En la mujer, la vagina interrumpe el centro tendinoso del perineo, que cierra por detrás y lateralmente.

◄ 1 M.ilíaco
2 M.psoas mayor
3 M.piramidal de la pelvis
4 M.obturador interno
5 M.elevador del ano (seccionado)
6 M.coccígeo
7 Arco tendinoso del m.elevador del ano
8 Aponeurosis de inserción del m.elevador del ano en la fascia obturatriz
9 Arco de Douglas (vainas del m.recto del abdomen)
10 Línea alba
11 M.recto del abdomen
12 M.transverso del abdomen
13 Aorta abdominal
14 A.sacra mediana
15 A.ilíaca común
16 A.ilíaca externa
17 A.ilíaca interna
18 A.iliolumbar
19 A.glútea superior
20 A.sacra externa
21 A.obturatriz y n.obturador
22 R.púbico de la a.obturatriz (se une con el r.púbico de la a.epigástrica inferior)
23 A.glútea inferior
24 A.pudenda interna y n.pudendo
25 R.púbico de la a.epigástrica inferior
26 A.epigástrica inferior
27 A.circunfleja ilíaca profunda
28 Lig.inguinal y cintilla iliopectínea
29 N.femorocutáneo
30 N.genitocrural
31 Plexo sacro
32 Cadena simpática
33 Uréter
34 Conducto deferente y a.del conducto deferente

Durante el parto, la vagina es dilatada y el perineo intensamente distendido. Si la dilatación del canal del parto tiene lugar demasiado rápidamente o el perineo posee poca capacidad de distensión, se producen desgarros. Los desgarros pueden extenderse hasta el centro tendinoso del perineo y distender su musculatura, y en determinadas circunstancias también incluso el músculo esfínter externo del ano y el recto pueden ser afectados.

El **m.transverso perineal superficial** es un fascículo muscular débil de trayecto transversal de la musculatura perineal superficial (figs. **122** y **123**). En su origen en la zona límite de las tuberosidades isquiáticas y la rama isquiática, cuelga a menudo conjuntamente con el m.isquiocavernoso, del que se ha separado. Sus fibras van al centro tendinoso del perineo. Pueden penetrar en el m.esfínter externo del ano y en el m.bulboesponjoso. En la mujer, el músculo está más o menos involucionado y en su envoltura fascial es sólo difícilmente demostrable.

Inervación: Ramas musculares del n.pudendo.

c) Acción de los músculos del suelo de la pelvis

Los mm.*elevador del ano* y *transverso perineal profundo* forman el suelo muscular de la pelvis. Mediante su tono, se tensa el componente conjuntivo del suelo pélvico y sirven para asegurar la posición de los órganos pélvicos. El lazo formado dorsalmente al recto por parte de ambos mm.elevadores del ano (mm.puborrectales) empuja la pared posterior del recto contra la pared anterior y comprime el intestino (→ Mecanismos de cierre del recto, tomo 2).

El lazo muscular, en caso de que los m.puborrectales estén contraídos, puede palparse en exploración rectal como abultamiento duro. La función de elevar el ano y con ello friccionar el recto en la defecación en sentido craneal a lo largo de la columna fecal, parece que desempeña en la defección normal sólo un papel secundario. En el comienzo del vaciamiento intestinal y vesical, la musculatura del suelo de la pelvis se relaja. El m.elevador del ano es capaz de elevar algo el suelo de la pelvis, con lo que la forma cupular abombada externamente del músculo se aplana, y el cóccix (hacia el sacro o entre la 1.ª y 2.ª vértebra coccígea) es levemente movido hacia la parte ventral. Más importante sería, sin embargo, la tensión sagital del suelo de la pelvis por los fascículos fibrosos del m.pubococcígeo que se dirigen al cóccix y al sacro. Mediante la contracción de la rama del elevador, la mujer puede estrechar voluntariamente su vagina.

El m.esfínter de la uretra puede cerrar voluntariamente la uretra y con ello evitar la excreción urinaria o interrumpirla.

En una parálisis de los *mm.elevador del ano* y *transverso perineal profundo* puede producirse un prolapso; recto y vagina pueden prolapsarse. La oclusión del recto ya no está totalmente asegurada. En una parálisis del *m.esfínter de la uretra*, el vaciamiento vesical ya no puede evitarse voluntariamente.

B. Cadera

1. Articulación de la cadera

a) Elemento esquelético del muslo

En la articulación de la cadera se articulan el hueso coxal y el fémur.

El **fémur** (fig. **125a** y **b**), el hueso más largo del cuerpo, consta de la cabeza esférica, la *cabeza del fémur*, el delgado *cuello del fémur*, el fuerte *cuerpo del fémur* y el fragmento distal que es portador del *cóndilo interno* y el *externo*. El fémur es un hueso tubular típico que contribuye en gran medida a la determinación de la talla corporal individual. La *cabeza del fémur* articula en el acetábulo (fig. **9**). En su superficie revestida de cartílago se encuentra algo distalmente del centro, una pequeña fosa, la *fosita de la cabeza del fémur*, en la que se fija el lig.de la cabeza femoral. El cuello del fémur forma con el eje de la diáfisis un ángulo obtuso, el, *ángulo cuello-diáfisis* (fig. **126**). (Esta denominación no es del todo correcta en el sentido de que el cuello del fémur pertenece también a la diáfisis y la línea epifisaria está entre cabeza y cuello.) El ángulo del cuello del fémur es, en el recién nacido, de unos 150°, en el niño pequeño tiene aún un valor promedio de más de 140° y disminuye a partir del 3.^{er} año a unos 125° aproximadamente.

En caso de posición vertical del cuello del fémur (138° y más), se habla de una *coxa valga*; en caso de que el ángulo cuello-diáfisis esté reducido por encima de lo normal (menos de 120°), se habla de una *coxa vara* (fig. **126**).

El *cuello del fémur* del hombre es requerido en la flexión, especialmente durante la fase de bipedestación. Las líneas de tensión y tracción corren a cargo de trabéculas de esponjosa, que en el modelo de experimentación en cuerpos homogéneos de comparación transcurren en dirección de las trayectorias de tensión demostrables (fig. **7a** y **b**).

La relación del espesor del hueso con la intensidad de tensión es igual en cada localización del extremo femoral proximal. En preparaciones de cortes adecuados e imágenes radiológicas del extremo proximal del fémur pueden identificarse (en caso de ángulo cuello-diáfisis normal) al menos dos sistemas de esponjosas. Un sistema asciende de la cortical interna del cuello verticalmente al segmento superior de la cabeza del fémur (recepción de presión), el otro cursa en forma de arco desde la cortical diafisaria externa a la zona inferior de la cabeza, con lo cual casi cruza en ángulo recto las trabéculas de esponjosa del sistema mencionado en primer lugar ("fascículo de tracción" de la esponjosa). La zona de esponjosa rarificada, rodeada por ambos sistemas de trabéculas formando un arco agudo, aparece en la imagen radiológica como un triángulo menos sombreado: triángulo de Ward.

El *cuerpo del fémur tubular* consta de tejido óseo compacto. Hacia adelante es ligeramente convexo y posee en su cara posterior una línea longitudinal, la *línea áspera*, que está dividida en un *labio externo* y un *labio*

interno. Aumenta la capacidad de transporte del cuerpo del fémur, dado que su diámetro de corte transversal se ensancha en la zona en la que se presentan las tensiones más altas condicionadas por la flexión, y sirve simultáneamente como superficie de origen e inserción muscular. Los dos labios de la línea áspera se separan entre sí en el extremo diafisario superior e inferior. Distal abarcan entre ellos la *faceta poplítea* situada por

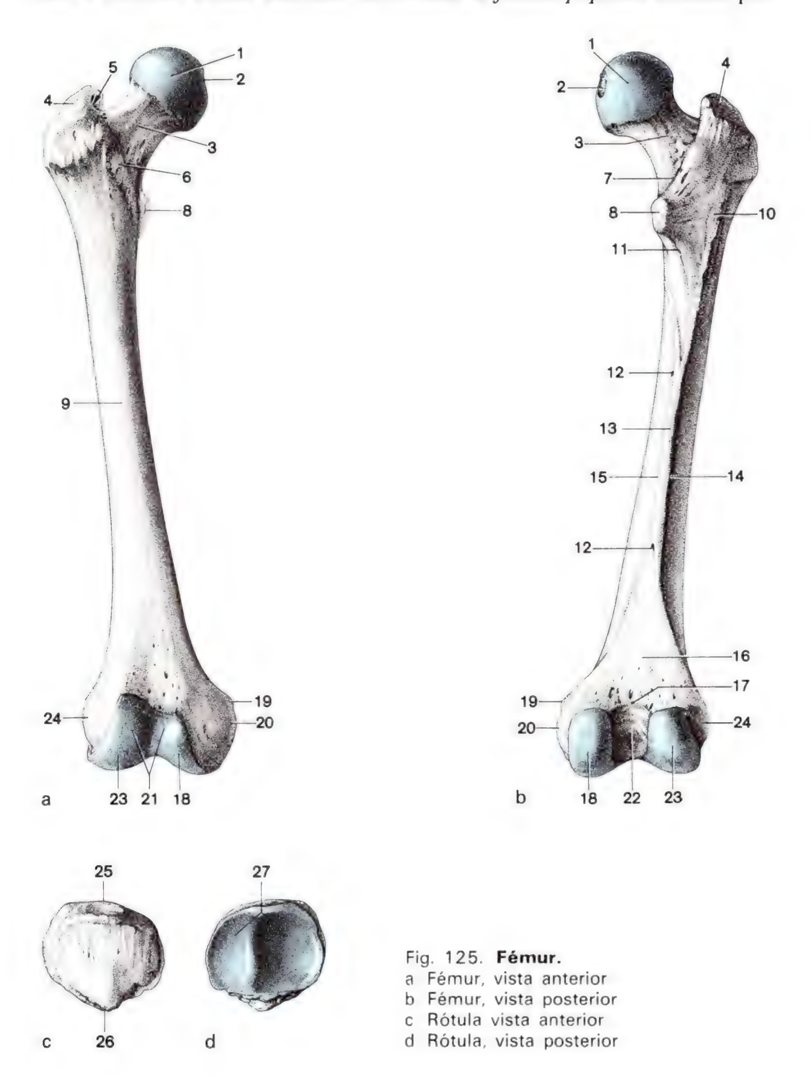


Fig. 125. **Fémur.**
a Fémur, vista anterior
b Fémur, vista posterior
c Rótula vista anterior
d Rótula, vista posterior

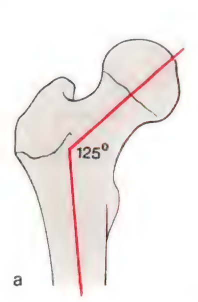
encima de los cóndilos del fémur. Proximal se gira el labio interno en la cara anterior del cuerpo y pasa a la *línea intertrocantérea*. El labio externo se dirige a la base del trocánter mayor y se eleva en la *tuberosidad glútea* (ocasionalmente también en un *tercer trocánter*), una rugosidad en la que se inserta una parte del m.glúteo mayor.

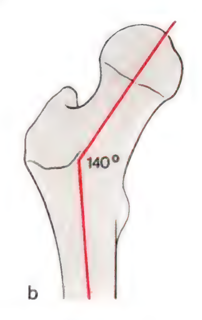
El *trocánter mayor* ocupa el extremo proximal craneal externo (fig. **118**). Constituye una apófisis muscular en la que se insertan numerosos músculos de la cadera. El *trocánter menor*, en el que se inserta el m.psoas ilíaco, nace en el límite cuello-cuerpo de la cara posterior del cuerpo hacia dentro. Las dos tuberosidades musculares se unen en la cara posterior mediante la potente *cresta intertrocantérea*, y en la cara anterior mediante la línea intertrocantérea que se continúa distalmente con respecto al trocánter menor en el labio interno de la línea áspera. En la cara interna del trocánter mayor se hunde la *fosa trocantérea* (inserción de los mm.obturadores y géminos). Del trocánter menor parte una línea corta estrecha en sentido distal, la *línea pectínea*, en la que se inserta el m.pectíneo.

En el *segmento distal* del fémur el *cóndilo interno* más estrecho está separado del *cóndilo externo* más ancho en la cara posterior por la profunda *fosa intercondílea*, que, a través de la *línea intercondílea*, es desplazada hacia la fosa poplítea. En la cara anterior, una zona cartilaginosa, la faceta patelar, une las superficies articulares cartilaginosas de ambos cóndilos. En ella se desliza la rótula. La guía de conducción externa (peroneal) formada por el cóndilo externo de esta vía de deslizamiento sobresale algo más allá que la guía de conducción tibial que parte del cóndilo interno y se opone a los componentes de tracción lateral del m.vasto externo. Los cóndilos femorales están más intensamente curvados en la región posterior que en su segmento anterior. La vista lateral del contorno de los cóndilos, que aproximadamente coincide en ambos cóndilos, se parece, por tanto, a una línea espiral. Cada cóndilo de la parte proximal de la superficie articular es sobrepasado hacia los lados por una apófisis muscular y ligamentosa: epicóndilo externo e interno.

Si se mantiene la diáfisis femoral vertical, entonces el cóndilo interno alcanza más lejos hacia la parte distal. En la posición erguida, ambos cóndilos articulares se

◄ 1 Cabeza del fémur
2 Fosilla de la cabeza del fémur
3 Cuello del fémur
4 Trocánter mayor
5 Fosa trocantérea
6 Línea intertrocantérea anterior
7 Cresta intertrocantérea posterior
8 Trocánter menor
9 Diáfisis del fémur
10 Tuberosidad glútea
11 Línea pectínea
12 Agujero nutricio
13 Línea áspera
14 Labio externo
15 Labio interno
16 Faceta poplítea
17 Línea intercondílea
18 Cóndilo interno
19 Tuberosidad de los aductores (inserción del m.aductor mayor)
20 Epicóndilo interno del fémur
21 Tróclea femoral
22 Fosa intercondílea
23 Cóndilo externo
24 Epicóndilo externo del fémur
25 Base de la rótula
26 Vértice de la rótula
27 Faceta articular de la rótula





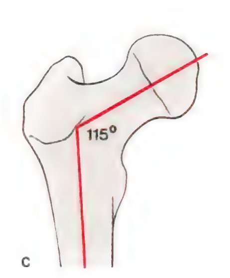


Fig. 126. **Angulo cuello-diáfisis en el adulto.**
a Valor promedio
b coxa valga
c coxa vara

encuentran a la misma altura, dado que el eje del cuerpo está en posición oblicua y forma con el eje de la tibia un ángulo abierto hacia fuera (ángulo frontal de la rodilla, fig. **137**).

La proyección del eje del fémur en un plano horizontal forma en el adulto un ángulo de unos 12°; con el eje condíleo horizontal el cuello del fémur está antevertido (fig. **127**). La anteversión del cuello del fémur, frecuentemente y de manera no del todo correcta denominada torsión del fémur, se manifiesta a partir del 4.° mes fetal con intensidad progresiva. Alcanza su valor máximo después del parto (promedio 34°) e involuciona de nuevo. La rótula (patela) (figs. **125c** y **143**) está intercalada como hueso sesamoideo en el tendón del m.cuadríceps femoral. Se parece a una placa ósea triangular con *base* ancha redondeada proximal y extremo distal agudizado en ángulo obtuso, el *vértice de la rótula*, del que parte el segmento terminal distal del tendón del cuadríceps, el *lig.rotuliano*. En su cara posterior cartilaginosa, la *faceta articular*, una línea guía delimita dos zonas levemente cónicas. El área mayor está situada externamente y se articula con el cóndilo externo del fémur. La rótula evita que las fibras tendinosas del m.cuadríceps se enlacen en el cartílago articular del fémur.

Osificación. El núcleo de osificación de la epífisis distal del fémur, del que se osifican los cóndilos y epicóndilos, se origina entre el 9.° mes fetal y el 2.° mes de vida (figs. **6b** y **117**). Como quiera que es demostrable en el nacimiento en el 95 % de todos los recién nacidos, se considera como un signo de madurez y tiene importancia forense. La imagen radiológica de este núcleo de osificación es utilizada frecuentemente en trastornos del crecimiento del niño para la aclaración diagnóstica, o en el raquitismo para enjuiciar el curso de la enfermedad.

La osificación diafisaria comienza a finales del 2.° mes embrionario. No se limita solamente al cuerpo del fémur, sino que se continúa incluso en el cuello del fémur.

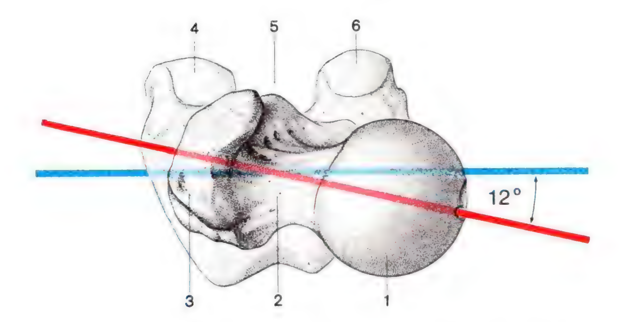


Fig. 127. **Anteversión del cuello del fémur** (cuello derecho del fémur proyectado sobre los cóndilos femorales).
(lado "dorsal" arriba)
Eje del cuello del fémur ——
Eje condíleo situado frontalmente ——

1 Cabeza del fémur
2 Cuello del fémur
3 Trocánter mayor
4 Cóndilo externo del fémur
5 Fosa intercondílea
6 Cóndilo interno del fémur

El núcleo de osificación en la epífisis proximal (cabeza del fémur) se presenta en la 2.ª mitad del 1.er año de vida, la línea epifisaria se cierra a los 18 años (en las mujeres algo antes, en los varones algo más tarde). Los núcleos apofisarios aparecen muy tarde, en el trocánter mayor a los 3-5 años, en el trocánter menor aproximadamente a los 9 años.

Desprendimientos epifisarios en el extremo proximal del fémur pueden observarse como consecuencia de un trauma obstétrico en recién nacidos. Pero pueden también observarse en forma de una relajación de la sincondrosis en adolescentes, con lo que el cuello del fémur lentamente se desliza hacia la cabeza del fémur que se asienta en el acetábulo.

b) Cápsula y aparato ligamentoso de la articulación de la cadera

La **articulación de la cadera** es una articulación esférica con tres grados de movilidad. Sin embargo, dado que la cabeza articular se introduce en el acetábulo tan profundamente que éste la rodea hasta más allá del ecuador, también es denominada *articulación cotiloidea*.
La *cavidad cotiloidea* está formada por el acetábulo y el lig.transverso del acetábulo y completada por un labio de cartílago fibroso en forma de anillo, el *labio acetabular* (figs. **9** y **125**). Está fijada al borde del acetábulo, aloja la cabeza del fémur más allá del ecuador y con el borde labial libre cierra herméticamente la cavidad articular. La cabeza del fémur no articula con toda la superficie del acetábulo, sino únicamente con la faceta semilunar revestida de cartílago. Esta rodea la fosa acetabular recubierta de tejido adiposo en la que se alberga el *lig.de la cabeza del fémur* (figs. **9** y **128**). Este ligamento sale del borde del fondo del acetábulo en la hendidu-

ra acetabular y en el lig.transverso del acetábulo. Se adhiere en la fosita de la cabeza del fémur y lleva a esta cabeza pequeñas ramas de la rama acetabular de la a.obturatriz o de la a.circunfleja femoral interna, que en edad avanzada están frecuentemente obliteradas.

La *cápsula articular* está fijada al borde óseo del acetábulo y al lig.transverso del acetábulo, pero, a diferencia de la articulación del hombro, no está fijada al labio del acetábulo (fig. **128**). En el fémur, la cápsula se inserta en la cara anterior de la línea intertrocantérea, de manera que la cara anterior del cuello del fémur es de situación totalmente intracapsular. En la cara posterior permanece alejada aproximadamente 1,5 cm de la cresta intertrocantérea (el cuello del fémur es por detrás más largo que en

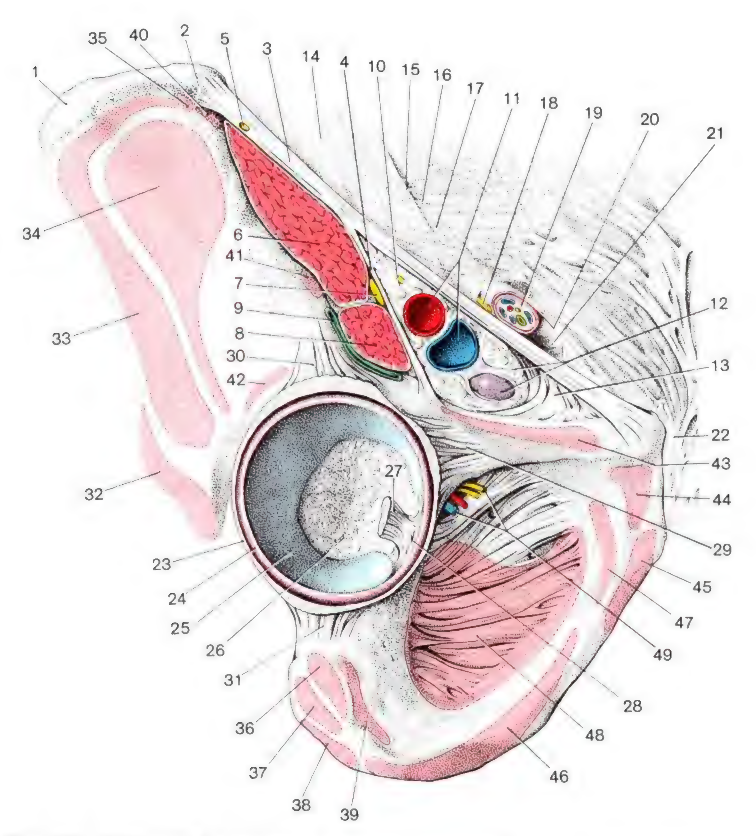


Fig. 128. **Anillo crural y regiones inguinal y obturatriz.** Superficie externa del hueso coxal y de la cavidad cotiloidea.

la cara anterior). La línea epifisaria de la cabeza del fémur es totalmente intracapsular.

En fracturas del cuello del fémur, la línea fracturaria puede discurrir posteriormente extracapsular, mientras que en la cara anterior debe estar siempre por dentro de la cápsula, siempre y cuando la línea de fractura no discurra desde la cara posterior del cuello al cuerpo del fémur.

Ligamentos. En la capa parietal fibrosa de la cápsula articular están implantados potentes ligamentos de refuerzo que influyen decisivamente en las posibilidades de movimiento de la articulación de la cadera.

El *lig.iliofemoral* (figs. **118** y **125**) es uno de los ligamentos más fuertes del cuerpo humano. Discurre por la cara anterior de la articulación de la cadera desde la espina iliaca anteroinferior en fascículos hacia la línea intertrocantérea. Una cinta marginal externa oblicua y un fascículo ligamentoso interno son marcados de manera especial y proporcionan al ligamento la figura de una V invertida. El lig.iliofemoral se tensa con la extensión de la pierna y sólo permite una insignificante retroversión del fémur. (La elevación hacia atrás de la pierna libre tiene lugar mediante una flexión de la articulación de la cadera en la pierna apoyada). En la bipedestación, el ligamento evita que la pelvis descienda hacia atrás. La rama exter-

---

◄ 1 Cresta ilíaca
2 Espina ilíaca anterosuperior
3 Lig.inguinal
4 Cintilla iliopectínea
5 N.cutáneo femoral externo, puede también pasar por debajo del lig.inguinal a través de la laguna muscular
6-8 *Contenido de la laguna muscular*
6 M.ilíaco
7 N.femoral
8 M.psoas mayor
9 Bolsa iliopectínea
10-12 *Contenido de la laguna vascular*
10 Ramo femoral del n.genitocrural
11 A. y v.femoral
12 Tabique femoral, cierra el anillo femoral y ganglio linfático de Rosenmüller
13 Lig.de Gimvernat
14 Aponeurosis del m.oblicuo mayor del abdomen
15 Pilar externo } del m.oblicuo
16 Pilar interno } mayor del abdomen
17 Fibras arciformes
18 N.abdominogenital
19 Cordón espermático (también con conducto deferente, a.testicular, plexo pampiniforme y m.cremáster)
20 Orificio superficial del conducto inguinal
21 Pilar posterior (lig. de Colles)
22 Lig.suspensor del pene
23 Cápsula articular de la articulación de la cadera, superficie de corte
24 Labio acetabular
25 Faceta semilunar
26 Tejido adiposo en la fosa acetabular
27 Lig.de la cabeza del fémur
28 Lig.transverso del acetábulo
29 Lig.pubofemoral
30 Lig.iliofemoral
31 Lig.isquiofemoral
32-48 *Zonas de origen muscular para:*
32 M.glúteo mayor
33 M.glúteo medio
34 M.glúteo menor
35 M.tensor de la fascia lata
36 M.semimembranoso
37 M.bíceps femoral
38 M.semitendinoso
39 M.cuadrado femoral
40 M.sartorio
41 M.recto femoral
42 M.recto femoral, fascículo reflejo
43 M.pectíneo
44 M.aductor mediano
45 M.recto interno
46 M.aductor mayor
47 M.aductor menor
48 M.obturador externo en la membrana obturatriz y su marco óseo
49 A. y v.obturatriz, r.anterior y r.posterior del n.obturador

na del lig.iliofemoral impide la rotación externa y la aducción excesiva; la rama interna, en grado limitado, la rotación interna.
El *lig.pubofemoral,* más débil (figs. **118** y **128**), nace del ramo púbico superior. Sus fibras penetran en la rama interna del lig.iliofemoral; una parte alcanza la línea intertrocantérea. El ligamento limita ante todo la abducción excesiva del muslo. La parte de la cabeza del fémur que en la abducción extrema sobrepasa la cavidad cotiloidea hacia abajo, se comprime contra el ligamento pubofemoral. En posición de abducción, el lig.pubofemoral es también tensado en la rotación externa.
El **lig.isquiofemoral** (figs. **118** y **128**) es más potente que el citado anteriormente. Está en la cara posterior de la cápsula articular, nace del isquion y discurre en trayecto espiral por el cuello del fémur hasta la inserción del lig.iliofemoral y hacia la zona orbicular. El ligamento limita la rotación interna y, conjuntamente con el lig.iliofemoral, una retroversión destacable en la articulación de la cadera.

La *zona orbicular* (figs. **9** y **118**) constituye un anillo fibroso adyacente a la membrana interna articular, que rodea íntimamente al cuello del fémur en su lugar más delgado. En su cara externa el lig.anular está fusionado con los fascículos espirales de los tres ligamentos mencionados. La cabeza del fémur no puede abandonar la cavidad cotiloidea mientras esté intacta la zona orbicular y la cápsula articular no sea desgarrada en la parte proximal de este anillo.

La cápsula articular entre los segmentos parietales reforzados por los ligamentos externos, así como entre la zona orbicular y la base de ambos cóndilos, donde posee una evaginación comparable al receso sacciforme de la articulación del codo, presenta en total cuatro *lugares débiles.* En el vacío triangular entre la rama interna del lig.iliofemoral, el lig.pubofemoral y el borde anterior de la cadera, debajo del tendón del m.psoas ilíaco hay una gran bolsa sinovial, la *bolsa iliopectínea,* que en ocasiones comunica con una cavidad articular.
Vascularización arterial de la articulación de la cadera. La vascularización de la cápsula articular tiene lugar por ramas de la a.circunfleja femoral interna y externa (fig. **132**), y en la zona dorsal de la pared por ramas débiles de la a.glútea inferior. La contribución de la a.obturatriz en la irrigación de la cápsula articular (mediante la rama acetabular) es variable y escasa.
Inervación de la cápsula articular. A la parte ventral de la cápsula articular pasan ramos de los nervios femoral y obturador, a la parte dorsal ramos del n.ciático.

La *posición de relajación* de la articulación de la cadera cuando hay acúmulo líquido en la cavidad articular consiste en una flexión ligera, abducción y rotación externa del fémur (=posición media de la articulación de la cadera). En esta posición los ligamentos de refuerzo de la articulación están relajados uniformemente. Las *luxaciones traumáticas de la articulación de la cadera* son relativamente raras (5 % de todas las luxaciones), ya que los fuertes ligamentos aseguran la articulación, y el potente manto muscular garantiza una protección activa. Las luxaciones de la cadera son la consecuencia de grandes acciones violentas sobre el fémur, con lo cual la cabeza del fémur es apa-

lancada fuera del acetábulo. La luxación se produce en una de las zonas débiles de la cápsula según la dirección de la fuerza exterior hacia atrás, más frecuente que hacia abajo o hacia adelante. La cápsula se desgarra entre el lig.pubofemoral y lig.isquiofemoral. El lig.iliofemoral queda intacto y determina adecuadamente la posición de la cabeza del fémur después de la luxación y la posición forzada de la pierna. El lig.pubofemoral casi siempre se desgarra, el lig.de la cabeza del fémur se arranca.
En la llamada *luxación congénita de la cadera,* en los primeros intentos de marcha del niño la cabeza del fémur se desplaza fuera del acetábulo incongruente y demasiado aplanado sin desgarro capsular hacia el ala ilíaca. Al andar, la pelvis no puede ser sostenida por los abductores de la articulación de la cadera del lado de la pierna de apoyo y bascula hacia el lado de la pierna libre. En caso de luxación bilateral resulta la *marcha de pato* (signo de Trendelenburg).

Posibilidades de movimiento en la articulación de la cadera. En la utilización de todas las posibilidades de movimiento en la articulación de la cadera, el fémur describe la superficie de un cono cuya base forma un óvalo ligeramente asimétrico. En caso de posición corporal erguida, el eje mayor de esta elipse es horizontal, es decir, la intensidad del movimiento de flexión y extensión es mayor que la amplitud de movimiento de abducción y aducción.
A partir de la posición normal (posición erguida, las piernas están unidas, los pies en ángulo de 45°, el punto de gravedad de la parte superior del cuerpo y los puntos de giro de la articulación de la cadera están en un plano frontal), en la articulación de la cadera son posibles en los planos principales:

- *Flexión* (anteversión, aproximadamente 120°) y *extensión* (retroversión, lo máximo 15°) en torno a un *eje frontal,*
- *Abducción* (hasta 45°) y *aducción* (hasta 10°) en torno a un eje *sagital,*
- *Rotación interna* (aproximadamente 35°) y *rotación externa* (15°) en torno a un eje longitudinal, que discurre por el punto medio de la articulación de la cadera y de la rodilla.

La *posibilidad de flexión* es, en una aducción y en la abducción, más de 20° menor, la amplitud del movimiento de extensión aumenta hasta una abducción de aproximadamente 40° e importa entonces 45°. Una extensión más acentuada es (ante todo) impedida por el lig.iliofemoral. En individuos no entrenados, la musculatura isquiocrural (en caso de extensión de la articulación de la rodilla) se hace precozmente insuficiente, y por tanto la posibilidad de la flexión activa en la articulación de la cadera con la rodilla extendida está notablemente limitada. Con la articulación de la rodilla flexionada, el muslo puede también ser llevado al tronco sólo pasivamente (o utilizando el impulso) (insuficiencia activa de los músculos flexores de la articulación de la rodilla).
La posibilidad de la *abducción* con flexión simultánea de la articulación de la cadera alrededor de 60° es entonces máxima y llega casi a los 90°. Pero la separación lateral de las piernas no es posible. En la abducción máxima de ambas piernas y

articulación de la cadera flexionada es simulada por una lordosis lumbar compensatoria. La *aducción* máxima con el muslo flexionado puede alcanzar los 55°. La abducción es limitada por el lig. pubofemoral, la posibilidad de aducción es limitda por los fascículos externos del lig.iliofemoral. La amplitud de movimiento para la *rotación interna* sólo puede ascender a 40°, para la *rotación externa* a 60° cuando se flexiona en la articulación de la cadera. Ligamentos limitantes para la rotación interna son el lig.isquiofemoral y el cordón interno del lig.iliofemoral; en la rotación externa el fascículo externo del lig.iliofemoral (con el muslo abducido, también el lig.pubofemoral).

Los *movimientos de la pelvis* pueden realizarse de manera correspondiente cuando la pierna se convierte en punto fijo. En la bipedestación, la pelvis puede ser inclinada hacia adelante y (en menor grado) hacia atrás. Con la estación sobre una pierna, la pelvis puede ser doblada hacia dentro y hacia fuera, así como girada hacia adelante y hacia atrás.

En la bipedestación, la cadera puede ser oscilada hacia adelante y atrás cuando las articulaciones astragalocalcáneas actúan conjuntamente con las articulaciones de la cadera.

Bolsas sinoviales. En la proximidad de la articulación de la cadera existen varias bolsas sinoviales que se encuentran debajo de los tendones que se insertan en los cóndilos mayor y menor delante de su inserción ósea, pero no obstante sólo la *bolsa iliopectínea* (fig. **128**) está ocasionalmente en conexión con la cavidad articular. Se encuentra por debajo de la eminencia ileopectínea de la cápsula articular y disminuye el rozamiento entre la cápsula y el músculo psoas ilíaco que pasa por encima de ella.

c) Disposición e inervación de la musculatura de la cadera

Los músculos de la cadera rodean la articulación de la cadera como un manto muscular apretado, cerrado en forma anular. Se originan casi sin excepción en la pelvis y se insertan ante todo en el extremo proximal del fémur. Con la pelvis fija mueven el fémur, con el muslo fijo actúan sobre la pelvis, a la que, o bien sitúan en una determinada posición, o —lo que es de especial importancia para la deambulación— la mantienen en una determinada posición (período de bipedestación).
La musculatura de la cadera es genéticamente musculatura autóctona de las extremidades. Faltan los músculos de transición, tal como se encuentran fuertemente desarrollados en la zona limitante con el tronco y extremidad superior, ya que la firme fijación de la columna vertebral en el anillo pélvico cerrado no permite movimientos del cinturón pélvico con respecto al esqueleto axial. Pero mientras que en el brazo y muslo la división genética en grupo de flexores y extensores es realizable con relativa facilidad, una división de tal índole en los músculos de la cadera presenta sus dificultades. Dado que solamente el m.psoas ilíaco procede de un blastema situado primariamente en la pelvis, y dado que los aductores inerva-

dos por el n.obturador, debido a su inervación y a su situación adoptan una posición especial entre los extensores y flexores del muslo, parece lo más conveniente diferenciar los músculos de la articulación de la cadera siguiendo criterios topográficos. Nosotros distinguimos: *músculos internos de la cadera, músculos externos de la cadera* y *grupo de los aductores.*

Según el trayecto de los músculos (o de su trayecto terminal activo) con respecto a los tres ejes principales, pueden distinguirse flexores y extensores, abductores y aductores, y rotadores internos y externos de la articulación de la cadera. Sin embargo, esta caracterización solamente es válida para una posición exactamente definida de la articulación; pues durante el curso de un movimiento, fascículos fibrosos añadidos progresivamente a un músculo pueden desviarle de un determinado eje, con lo que puede invertirse su acción sobre la articulación. Además, una clasificación de tal índole siguiendo criterios funcionales no tiene en cuenta que partes del mismo músculo pueden actuar como antagonistas. Tampoco considera que, por ejemplo, los músculos caracterizados como aductores simultáneamente pueden intervenir en los movimientos en torno a los otros ejes principales de la articulación. La repetida y usual clasificación de los músculos de la cadera en los flexores (m.psoas ilíaco) situados delante de la articulación, los extensores (m.glúteo mayor) localizados detrás de la misma, los aductores dispuestos en la parte interna y los abductores (mm.glúteo medio y menor) situados externamente, sólo proporciona un esquema simplificador que —considerado estrictamente— únicamente se refiere a la posición normal del fémur.

Músculos internos de la cadera

El **m.psoas ilíaco** (figs. **124** y **129)** es bipartito. La parte interna del músculo, *m.psoas mayor* (fibra longitudinal, altura de elevación), nace con una capa profunda a partir de la cara lateral de la 12.ª vértebra torácica y de la 1.ª y 4.ª vértebras lumbares, y con una porción de origen superficial a partir de las apófisis costales de todas las vértebras lumbares (figs. **129** y **205**). (Entre ambas porciones hay una gran parte del plexo lumbar). El segmento parcial externo del m.psoas ilíaco, el *m.ilíaco* (mayor número de fibras, por ello mayor potencia) llena la fosa ilíaca (figs. **124, 129** y **210**). Un fascículo extrapélvico parte de la cápsula articular de la cadera (tensor de la cápsula). El tendón terminal unitario del m.psoas ilíaco se inserta en el trocánter menor.

El m.psoas mayor y el m.ilíaco abandonan la pelvis conjuntamente a través de la *laguna muscular* (conjuntamente con el n.femoral, figs. **128** y **210**). Rodean el cuello del fémur por la parte interna y son separados de la cápsula articular por la *bolsa iliopectínea* que, en ocasiones, comunica con la cavidad articular.
Entre el tendón de inserción y el trocánter menor está intercalada con frecuencia una bolsa sinovial, la *bolsa subtendinosa ilíaca.* La fascia del psoas, delgada en la parte craneal, es más gruesa hacia la parte caudal y forma conjuntamente con la fascia ilíaca, íntimamente fusionada con el segmento externo del ligamento inguinal (fig. **120**), una envoltura conjuntival rígida que cubre al músculo hasta su inserción.

Inervación: Ramos del plexo lumbar y del nervio femoral.

Un tercer músculo interno de la cadera, el *m.psoas menor* (fig. **129**) es inconstante en el hombre. Se origina de las vértebras 12.ª torácica y 1.ª lumbar. Su tendón largo va por el m. psoas mayor en sentido caudal y penetra en la fascia del psoas ilíaco, especialmente en el arco iliopectíneo.

Inervación: Ramos del plexo lumbar.

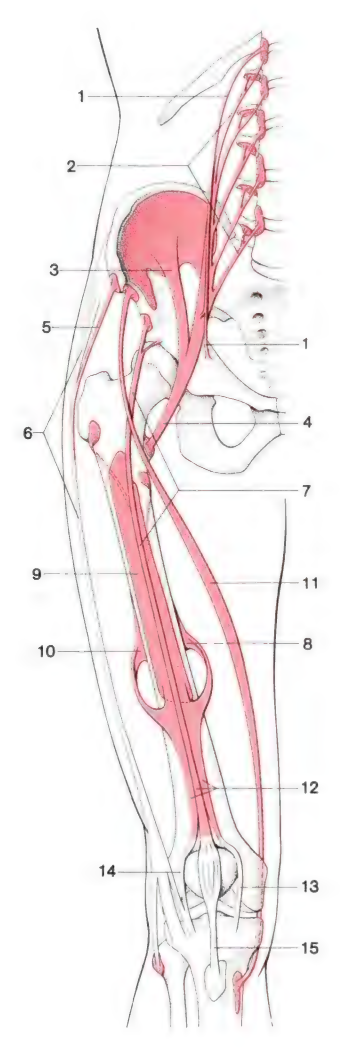


Fig. 129. **Músculos de la cadera, m.tensor de la fascia lata y grupo de los extensores de la rodilla,** vistos por delante.

1 M.psoas menor
2 M.psoas mayor
3 M.ilíaco
4 M.psoas ilíaco
5 M.tensor de la fascia lata
6 Tracto iliotibial
7 M.recto femoral
8 M.vasto interno
9 M.crural
10 M.vasto externo
11 M.sartorio
12 M.cuadríceps femoral
13 Lig.interno de la rótula
14 Lig.externo de la rótula
15 Lig.rotuliano

El *m. pectíneo* se origina del mismo blastema que el m. psoas ilíaco. Debido a su íntima pertenencia funcional al grupo de los aductores, este músculo es comentado allí.

Músculos externos de la cadera

Los músculos externos de la cadera constituyen un compartimiento muscular de varias capas que recubre a la articulación de la cadera lateralmente, por delante y por detrás. Los fascículos musculares convergen desde una extensa zona de origen a la cara interna y externa de la pelvis en una zona de inserción en el fémur relativamente limitada, ante todo en la región del trocánter mayor. Los mm.piramidal y obturador interno, en la ontogénesis han desplazado su origen a la cara anterior del sacro o a la cara interna de la membrana obturatriz y su contorno óseo.
El **m.glúteo mayor** (figs. **123** y **130**) pertenece genéticamente, como los mm. glúteo medio y menor, al grupo de los extensores. Se origina en el borde sacro-cóccix de la cresta ilíaca detrás de la línea glútea posterior, de la fascia toracolumbar y ante todo del lig.sacrotuberoso. Los haces toscos que van en sentido oblicuo hacia abajo pasan a un tendón terminal ancho que en la parte proximal incide en la fascia lata y el tracto iliotibial, y en la parte distal en la tuberosidad glútea, y, a través del tabique intermuscular externo, se inserta en el labio lateral de la línea áspera (fig. **130**).

Entre las tuberosidades del isquion y la fascia en la cara inferior del m.glúteo mayor está incluida la *bolsa isquiática del m.glúteo mayor* (fig. **134**). En individuos que debido a su trabajo deben estar constantemente sentados en superficies duras, puede sufrir una inflamación como consecuencia de la irritación crónica (botón de Weber) y entonces comprimir el n.cutáneo femoral posterior.
El tendón terminal del m.glúteo mayor es separado del trocánter mayor por la *bolsa trocantérea del m.glúteo mayor* (fig. **134**), en la tuberosidad glútea se desliza casi siempre sobre varias *bolsas intermusculares de los mm.glúteos* (fig. **134**).

En la bipedestación, el músculo recubre con su porción caudal la tuberosidad isquiática. En la flexión del muslo, el borde inferior del m.glúteo mayor es desplazado en sentido craneal, de manera que en la posición de asiento la tuberosidad yace inmediatamente encima del almohadillado subcutáneo y puede ser palpado a través de la piel. El *surco glúteo,* casi siempre de trayecto horizontal (fig. **193**) y que en la contracción del m.glúteo mayor es marcado con claridad, no señala el borde inferior del músculo, sino que cruza el trayecto del haz muscular en un ángulo agudo.

El surco glúteo forma la línea límite entre la *región glútea* (proximal) y la *región femoral posterior* (distal).
Al surco glúteo corresponden en la fascia lata fibras que discurren en forma de arco desde la zona de la tuberosidad isquiática al cóndilo mayor, y que se han formado como resultante de la tracción del músculo y fascias en el límite entre región glútea y la región del muslo. De él parten fibras conjuntivales cortas hacia la piel. En la contracción del m.glúteo mayor, transmiten la tracción de la fascia a la piel,

de manera que el surco glúteo es retraído. En la parte craneal, por el contrario, se abomba la masa glútea.

Inervación: N.glúteo inferior.

El **m. glúteo medio** (figs. **123, 128, 130** y **133**) nace en la cara externa del ala ilíaca de una zona limitada por la cresta ilíaca, línea glútea anterior y línea glútea posterior y se inserta en la cara externa del vértice del trocánter mayor.

Los haces de fibras del músculo, triangular visto desde la parte externa, convergen en el trocánter mayor. Para ello los haces procedentes de la parte ventral entrecruzan los haces musculares posteriores antes de que pasen al tendón terminal. Entre

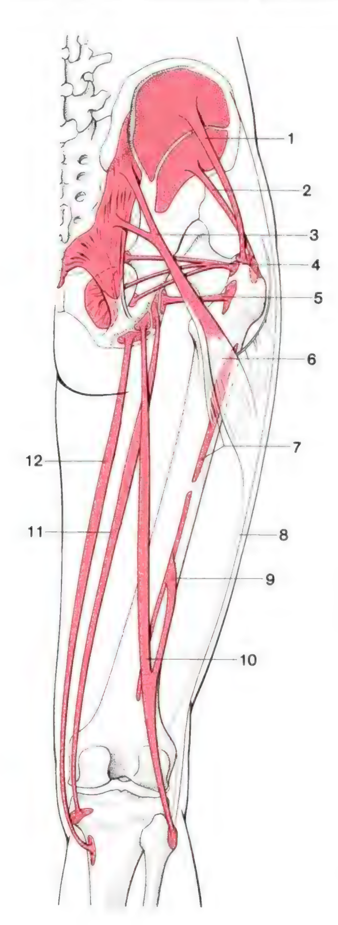


Fig. 130. **Músculos de la cadera y grupo de los flexores de la rodilla.** Vista posterior. (M.tensor de la fascia lata → fig. 129, m.piramidal → fig. 131).

1 M.glúteo medio
2 M.glúteo menor
3 M.glúteo mayor
4 M.obturador interno + mm. gemelos
5 M.cuadrado femoral
6 Tendón de inserción del m.glúteo mayor al tracto iliotibial
7 Tendón de inserción del m.glúteo mayor a la tuberosidad glútea
8 Tracto iliotibial
9 Fascículo corto } del m.bíceps femoral
10 Fascículo largo } del m.bíceps femoral
11 M.semimembranoso
12 M.semitendinoso

el tendón y el hueso se deslizan bolsas sinoviales, *bolsas trocantéreas del m.glúteo medio* (fig. **134**). El m.glúteo medio es recubierto por la fascia lata, de cuya cara inferior nacen fascículos del músculo. La porción posterior del músculo se encuentra debajo de la porción marginal anterior del m.glúteo mayor.

El **m.glúteo menor** (figs. **123, 128, 130** y **134**) se origina en la cara externa del ilion, entre la línea glútea anterior y la línea glútea inferior. Se inserta en el borde externo de la cara anterior del trocánter mayor.

El m.glúteo menor es casi totalmente cubierto por el m.glúteo medio. Los dos músculos están fusionados en su borde anterior y forman una bolsa abierta hacia atrás. Entre el tendón de inserción y el vértice del trocánter se encuentra la *bolsa trocantérea del m.glúteo menor* (fig. **134**).

Inervación de ambos músculos: N.glúteo superior.

El nervio sale del espacio suprapiriforme del agujero ciático mayor a la superficie del m.glúteo menor y se ramifica en ambos músculos.

Los mm.glúteos medio y menor proceden del mismo blastema (del que también procede el m.tensor de la fascia lata). Como *pequeños músculos gluteales* se oponen al m.glúteo mayor y forman el grupo de los abductores de la musculatura de la cadera, puesto que, a menos de que el muslo esté muy flexionado, abducen la articulación de la cadera. Más importante que el movimiento del muslo es su acción sobre la pelvis en la fase de la marcha de apoyo sobre una pierna (o en la estación de pie sobre una pierna).

El **m. tensor de la fascia lata,** un músculo plano de fibras paralelas, se origina externamente de la espina ilíaca anterosuperior y se inserta en la fascia lata (figs. **123, 128, 129, 133** y **134**).

En su origen conserva todavía la relación original con el m.glúteo medio. Sus fibras tendinosas forman en la fascia lata una parte del tracto iliotibial. Siguen al cóndilo externo de la tibia y a la cabeza del peroné, y a través del tabique intermuscular externo, alcanzan el cuerpo del fémur y penetran en el ligamento externo de la rótula.

Inervación: N.glúteo superior.

El ramo nervioso parte de un ramo muscular hacia (o en) el m.glúteo menor y se dirige oblicuamente hacia abajo a la cara inferior del m.tensor de la fascia lata.

El *tracto iliotibial* (figs. **129, 130, 133** y **136**) pasa como cinta ancha de refuerzo de la fascia del muslo, la fascia lata, en su curso externo desde la cresta ilíaca, pasando por la articulación de la cadera y de la rodilla, al cóndilo externo de la tibia. Procede de fibras tendinosas del m.tensor de la fascia lata, del m.glúteo mayor y de la fascia aponeurótica del m.glúteo medio, inserta —además de en la tibia— por el tabique intermuscular externo en el fémur y emite fibras a la cabeza del peroné y al ligamento externo de la rótula. El tracto iliotibial constituye un cinturón de tracción del fémur. En la bipedestación el peso corporal intenta doblar el fémur hacia fuera. La tensión del tracto iliotibial origina una fuerza opuesta a esta ten-

dencia del fémur, de manera que las fuerzas de presión (interna), y ante todo las tensiones de tracción (externa) son disminuidas decisivamente. La contracción del m.glúteo medio, que evita el descenso de la pelvis, tensa simultáneamente el tracto, de manera que la acción de descarga del cinturón de tracción se instaura sincronizadamente con la mayor sobrecarga de la pierna de apoyo.
El m.piramidal (figs. **124** y **131**) se origina en la faceta pélvica del sacro (externamente a los agujeros sacros anteriores y entre estos orificios), en la cápsula de la articulación sacroilíaca, con algunos haces de fibras también en el borde superior de la escotadura ciática mayor. A través del agujero ciático mayor, que divide en un segmento suprapiriforme e infrapiriforme (figs. **123** y **134**) llega a la cara externa de la pelvis y se extiende —cubierto por el m.glúteo mayor— al lado interno del vértice del trocánter mayor.

El músculo se estrecha constantemente a partir de la amplia superficie de origen, el delgado tendón terminal es separado de la cápsula de la articulación de la cadera por medio de una bolsa del m.piramidal (fig. **134**).

Inervación: Ramos del plexo sacro.

El **m.obturador interno** y los dos **mm.gemelos** constituyen una unidad genética. El m.obturador interno (figs. **14b, 121-124, 130** y **134**) ha desplazado su origen en el interior de la pelvis a la membrana obturatriz y el marco óseo circundante. Se dirige en ángulo agudo hacia fuera, alrededor del borde del agujero ciático menor, revestido de cartílago, que sirve de polea y está protegido por la *bolsa isquiática del m.obturador interno* (fig. **134**). Con su porción extrapélvica recubre más o menos extensamente los dos fascículos profundos del músculo tripartito, los mm.gemelos. El *m.gemelo superior* viene de la espina ciática, el *m.gemelo inferior* viene de la tuberosidad isquiática (figs. **122, 123, 130** y **134**). El tendón terminal del m.obturador interno en cuyo borde superior e inferior se insertan los tendones de ambos gemelos, se inserta en la fosa trocantérea.
La parte endopélvica del m.obturador interno está revestida por una fascia áspera, la *fascia obturatriz* (figs. **121-124**). De la fascia obturatriz se originan fibras tendinosas del m.elevador del ano.

En el origen de estas fibras, la fascia puede estar reforzada por una cinta de fascia tendinosa cuyo trayecto tiene forma de arco, el *arco tendíneo del m.elevador del ano* (figs. **121** y **124**). La parte del m. obturador interno situada encima de este origen muscular forma la pared muscular de la pelvis menor, su fascia forma una parte de la fascia pélvica parietal. Caudalmente, el músculo y la fascia obturatriz limitan externamente la fosa isquiorrectal.

Inervación: N.glúteo inferior, ocasionalmente también (más raramente en exclusiva) por el n.pudendo o el n.ciático mayor.

El n.glúteo inferior se ramifica inmediatamente después de la salida del departamento infrapiriforme del agujero isquiático mayor.

El **m.cuadrado femoral** (figs. **128, 130** y **134**), un músculo de ángulos rectos, predominantemente carnoso en posición normal del fémur, se extiende desde la tuberosidad isquiática en dirección horizontal hacia la cresta intertrocantérea. A pesar de su regular tamaño, el músculo es un eficaz rotador de la articulación de la cadera dado que, a consecuencia de la dirección favorable del trayecto, casi la totalidad de la fuerza muscular de su fibras es utilizada para la rotación.

Inervación: N.glúteo inferior, a veces además o exclusivamente por el componente tibial del n.ciático mayor.

Grupo de los aductores y m.pectíneo

Los músculos del grupo de los aductores llenan el espacio que, visto por delante, tiene contorno triangular y que es delimitado por el lado interno del fémur, la cara anterior de la pelvis menor y una línea que va desde la tuberosidad isquiática al epicóndilo femoral interno. Todos ellos son capaces de producir la aducción del muslo. Sin embargo, de mayor importancia práctica es su acción sobre la posición de la pelvis. Dado que los aductores están dispuestos con una parte de su masa muscular delante del eje de flexión, y con la mayor parte detrás del mismo, pueden —conjuntamente con los m.glúteos menores— balancear la pelvis sobre la pierna fija, o en la bipedestación sobre ambas cabezas del fémur.

El m.obturador externo nace de la membrana obturatriz; todos los aductores restantes se originan en forma semicircular del marco óseo del agujero obturador (fig. **128**). A excepción del m.recto interno, todos son uniarticulares y se insertan en el fémur.

El **m.obturador externo** (figs. **128** y **131**) nace en la cara externa de la membrana obturatriz y en la zona mediocaudal de su enmarcamiento óseo. Sufre una torsión, viniendo de la parte ventral interna, en torno al cuello y cabeza del fémur en la cara dorsal de la articulación de la cadera, y con su tendón terminal de forma cónica se dirige finalmente en dirección ventral externa a la fosa trocantérea.

El músculo está muy escondido; por delante está recubierto por el m.aductor mediano, aductor menor y psoas ilíaco, y en la cara posterior por el m.obturador, interno, gemelo inferior y cuadrado femoral.

Inervación: N.obturador.

El ramo muscular se ramifica antes de la entrada en el canal obturador del tronco del n.obturador y cursa con él (o el ramo anterior y posterior de este nervio) a través del conducto.

El **m.aductor mediano** (figs. **128, 131, 133, 134** y **136**) se origina con un tendón largo en una pequeña zona del pubis, entre la tuberosidad púbica y la sínfisis, y del cartílago fibroso de la sínfisis púbica. Se ensancha distalmente y se inserta con un tendón delgado en el tercio medio de la línea áspera (labio interno).

Fascículos marginales distales del tendón de inserción participan en diversa medida en la construcción de la "membrana vastoaductora" y limitan la entrada en el canal de los aductores.

Inervación: R.anterior del n.obturador.

El **m.aductor menor** (figs. **128, 131** y **133**), que tiene su origen entre el m.obturador externo y el m.recto interno en la cara anterior del ramo inferior del pubis, está (casi) totalmente cubierto por el m.pectíneo y el m. aductor mediano y se inserta proximalmente a la inserción del aductor mediano en el labio interno de la línea áspera.

Inervación: R.anterior del n.obturador.

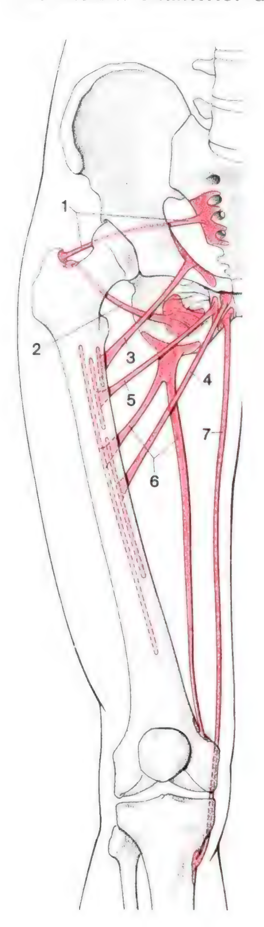


Fig. 131. **Grupo de los aductores.** Vista anterior.
1 M.piramidal
2 M.obturador externo
3 M.pectíneo
4 M.aductor mediano
5 M. aductor menor
6 M.aductor mayor
7 M.recto interno

El **m.aductor mayor** (figs. **128, 131, 133, 134** y **136**) es el músculo más potente del grupo de los aductores y uno de los mayores músculos del cuerpo humano. Se origina –dorsalmente con respecto a los restantes aductores– de la rama inferior del pubis y el segmento parcial limitante de la rama isquiática hasta la tuberosidad isquiática. La porción muscular procedente de la tuberosidad isquiática se inserta con un tendón fuerte en el epicóndilo interno del fémur; los restantes fascículos fibrosos se insertan en el labio interno de la línea áspera.
Inervación: r.posterior del n.obturador; la porción muscular que se inserta en el epicóndilo interno es inervada adicionalmente por el n.ciático (porción tibial).
Conducto de los aductores. Las dos inserciones del m.aductor mayor y el fémur limitan una hendidura longitudinal, el *hiato de los aductores*. Es completado por la "membrana vastoaductora" y se convierte en el conducto de los aductores, a través del cual los vasos femorales llegan al hueco poplíteo (fig. **133**). La membrana vastoaductora constituye un tendón intermedio aponeurótico entre los mm.aductor mayor y aductor medio por una parte y el m.vasto interno por otra. Está formado por fibras tendinosas que proceden tanto de la porción muscular que se inserta en línea áspera, como también de la parte del aductor mayor que se inserta en el epicóndilo interno, y es completada en el segmento proximal por fibras marginales distales del m.aductor largo.
El m.recto interno (figs. **128, 131, 133, 134** y **136**) es el único músculo biarticular del grupo de los aductores. Se inicia con un tendón delgado y aplanado del borde interno del ramo inferior del pubis, inmediatamente distal de la sínfisis, discurre con haces fibrosos paralelos en la cara interna del muslo y pasa en el tercio distal del fémur a un largo tendón terminal. Pasa por detrás del cóndilo femoral interno en sentido distal y, a través de la "pata de ganso" superficial (fig. **146**), se inserta en la tuberosidad tibial y en la fascia crural.

Inervación: R.anterior del n.obturador.

El **m.pectíneo** (figs. **128, 131** y **133**) contiene en el eje principal material muscular del grupo del psoas iliaco. La participación aportada por el grupo de los aductores en la formación del músculo es individualmente distinta. El músculo parte de la rama superior del pubis entre la eminencia iliopúbica y la tuberosidad púbica y se inserta en la línea pectínea del fémur.

El m.pectíneo está cubierto por la fascia pectínea, una continuación caudal de la fascia iliaca, y limita conjuntamente con el m.psoas iliaco una fosa, la "fosa iliopectínea", por la que discurren los vasos femorales.

Inervación: Regularmente por el n.femoral, adicionalmente por una rama variable del ramo anterior del n.obturador.

d) Acción de los músculos y grupos musculares sobre la articulación de la cadera

Al igual que en la articulación del hombro, también en la articulación de la cadera actúan siempre partes de varios músculos conjuntamente como sinergistas, con lo que el resultado del movimiento depende decisivamente de la participación de los antagonistas. A ello se añade precisamente en la articulación de la cadera la acción de la fuerza centrífuga y de la gravedad, ya que esta articulación presenta un espacio muerto muscular realmente grande; es decir, que el espacio de juego del movimiento de la articulación, en gran parte (en la flexión el 30 %) no puede ser utilizado mediante contracción muscular activa (fig. **17c**). Decisivo para la función muscular en una determinada fase del movimiento, o a partir de una situación determinada, es, como en toda articulación esférica, la actual posición de la articulación, ya que de ello no sólo depende el momento de giro, sino también en ciertos músculos o partes musculares la dirección de tracción. Por ejemplo, el m. piramidal en posición normal es un rotador externo, pero en el fémur flexionado por encima de la horizontal, por el contrario, la rotación es interna.

El máximo rendimiento de trabajo en la articulación de la cadera corre a cargo de los músculos extensores. Evidentemente, al subir escaleras deben mover la totalidad de la masa corporal, en cambio (considerado de forma absoluta), los flexores más débiles, al andar, únicamente deben impulsar hacia adelante la masa evidentemente menor de la pierna libre. También es importante la posibilidad de trabajo de los aductores (fijación de la pelvis en el período de bipedestación), y ante todo de los aductores. El rendimiento de los rotadores es claramente menor, con lo que la posibilidad de trabajo de los rotadores externos de la articulación de la cadera supera a la de los rotadores internos.

En la articulación de la cadera el muslo es:

– *flexionado* por los mm. psoas ilíaco, recto femoral y tensor de la fascia lata,

  en lo que ayudan los mm.sartorio y pectíneo, así como las partes ventrales de los músculos glúteos menores (y los abductores pueden flexionar conjuntamente el muslo a partir de la posición de extensión hasta la posición normal).

– *extendido* por el m.glúteo mayor, los mm.isquiocrurales (especialmente por el semimembranoso) y los fascículos fibrosos posteriores de los músculos glúteos menores,

  mientras que la acción extensora de los mm.piramidal y obturador interno es escasa y los mm.obturador externo, cuadrado femoral y (especialmente potente) la parte dorsal del m.aductor mayor pueden llevar a la posición normal el muslo flexionado;

– *abducido*, ante todo por los músculos glúteos menores, el m.tensor de la fascia lata (con la rodilla extendida), los haces fibrosos craneales del

m.glúteo mayor (inserción del tracto) y (con la rodilla flexionada) por el m.recto femoral,

en lo cual los mm.piriforme y sartorio ayudan en escasa medida;

– *aducido* mediante todos los aductores (especialmente activa por medio del m. aductor mayor) y el m.pectíneo, los fascículos caudales del m.glúteo mayor (inserción del fémur), los mm.psoas ilíaco y semimembranoso,

mientras que los mm.obturador interno (con la articulación de la cadera extendida), cuadrado femoral, semitendinoso y fascículo corto del bíceps únicamente tienen funciones auxiliares;

– *rotado hacia dentro* por medio de los segmentos ventrales de los músculos glúteos menores, el m.tensor de la fascia lata y los mm.aductor mayor y mediano (a través de los haces fibrosos de la "membrana vastoaductora");

– *rotado hacia fuera* por el m. glúteo mayor y las partes dorsales de los pequeños músculos glúteos, los mm.psoas ilíaco, aductor mayor, obturador interno, piramidal (con la cadera extendida) y cuadrado femoral, acción en la que,

pueden actuar como músculos auxiliares los restantes aductores, así como el m.pectíneo y sartorio (durante la rotación externa también el m.recto femoral y el fascículo largo del bíceps).

El *m.psoas ilíaco* lanza al andar el muslo de la pierna libre hacia adelante e influye con ello en la longitud de los pasos. Con la pierna fija, en caso de contracción bilateral, inclina la pelvis y columna lumbar hacia adelante (flexión de la columna lumbar y articulación de la cadera contra resistencia, enderezamiento del tronco a partir de la posición en decúbito supino), en caso de contracción unilateral tracciona la columna vertebral lumbar lateralmente.
El *m.glúteo mayor* evita que la pelvis, y con ello también el tronco en la articulación de la cadera, se doble hacia adelante cuando la línea de gravedad está delante del punto de giro de la articulación de la cadera. En posición corporal normal de pie, y en la marcha, el músculo está relajado. Se contrae inmediatamente cuando la línea de gravedad sobre el eje de flexión de la articulación de la cadera se desplaza ventralmente.

Mediante contracción bilateral, el m.glúteo mayor es capaz de sacudir la pelvis hacia adelante. Con las articulaciones de la cadera fijas, los músculos glúteos mayores comprimen hacia el surco anal y complementan el mecanismo de cierre del ano.

Los *músculos glúteos menores* en la estación sobre un pie mantienen firme la pelvis y evitan que descienda en la parte de la pierna móvil. Juntamente con los músculos del grupo de los aductores, realizan el balanceo fino de la pelvis sobre las cabezas del fémur.

El *m.tensor de la fascia lata* está desarrollado fuertemente en corredores de sprint ("músculo de los sprinters"). Con la pierna fija inclina la pelvis hacia adelante, mientras que el m.piramidal gira la pelvis, de manera que la cadera del lado libre es llevada hacia atrás.

Tensores de la cápsula. Desde la capa más interna del manto muscular, que rodea la articulación de la cadera, salen fibras tendinosas a la cápsula articular y actúan como tensores de la cápsula (craneal: m.glúteo menor; dorsal: mm.obturador interno y cuadrado femoral). En la parte ventral saltan fibras del m.ilíaco y recto femoral a la cápsula articular.

Parálisis. En caso de *lesión* del *m.psoas ilíaco* no puede levantarse el muslo sobre la horizontal en posición sentada. La marcha está dificultada extraordinariamente; el paso no es posible.
En la *parálisis* del *m.glúteo mayor* todos los movimientos de extensión que deben realizarse con fuerza ya no son realizables (marcha en suelo desigual, saltar, levantarse a partir de la posición sentada o en cuclillas). La rotación externa sólo es posible débilmente. Si son los *músculos glúteos menores* los afectos de parálisis, o si en la luxación congénita de la cadera la cabeza del fémur, y con él, el trocánter mayor, se desplaza en sentido proximal, de manera que la contracción muscular quede sin efecto, se dobla entonces la pelvis hacia la parte de la extremidad libre (signo de Trendelenburg). En el déficit bilateral de los abductores se presenta la típica marcha del pato. Si a consecuencia de la sección del n.glúteo superior, está también paralizado el *m.tensor de la fascia lata*, el muslo sufre una clara rotación externa durante la marcha.
Incluso en una sección completa del n.obturador, los aductores no están siempre totalmente paralizados (inervación del m.pectíneo a partir del n.femoral, del m.aductor mayor a partir del n.ciático). No obstante, casi siempre predominan los abductores tan intensamente que se presenta una contractura en abducción.

2. Vías vásculo-nerviosas hacia la extremidad inferior

A partir de la pelvis, vías vásculo-nerviosas conducen:
– entre el ligamento inguinal y el borde superior de la pelvis a la *región ventral de la cadera*,
– a través del conducto obturador, a la región interna de la cadera, y
– a través del agujero ciático mayor, a la región glútea profunda.

a) Vías vásculo-nerviosas en la región ventral de la cadera

Ligamento inguinal. En la zona límite entre el tronco y la extremidad inferior libre, el *ligamento inguinal* constituye la marca de delimitación entre la pared abdominal ventral y el muslo (fig. **118**). El ligamento conjuntival,

ligeramente curvado convexo hacia la parte caudal, se extiende desde la espina ilíaca anterosuperior hasta la tuberosidad púbica y no constituye un ligamento típico de constitución unitaria. El tercio externo en realidad no es otra cosa que un haz fibroso horizontal, rígido, en la fascia ilíaca que recubre el m.psoas ilíaco. Los dos tercios internos del lig.inguinal están formados por el borde caudal de la aponeurosis del m.oblicuo externo del abdomen. Las fibras del segmento externo se continúan, en parte con el segmento parcial interno, y en parte se desdoblan como *arco iliopectíneo* del ligamento inguinal y van a la eminencia iliopúbica (figs. **118** y **128**).

En individuos muy delgados, el trayecto del lig.inguinal en la superficie cutánea corresponde al surco de flexión entre tronco y muslo, el *surco inguinal* (figs. **121** y **215a**). Con el progresivo almacenamiento de grasa en la cubierta abdominal, el surco inguinal se desplaza hacia abajo en la pierna y se divide en pliegues secundarios.

Laguna muscular y laguna vascular. La zona de paso limitada por el lig.inguinal y por el borde superior de la pelvis (entre la tuberosidad púbica y la espina ilíaca anterosuperior) para músculos, vasos y nervios, está dividida por el *arco iliopectíneo* en un *espacio muscular* externo, la *laguna muscular*, y un *espacio vascular* interno, la *laguna vascular* (figs. **118, 124** y **128**). El arco iliopectíneo, una cinta de fascia reforzada, sólo puede aislarse artificialmente.

Por la *laguna muscular* pasan (figs. **124** y **128**):
- el *n. femoro-cutáneo* (junto a la espina ilíaca anterosuperior, en ocasiones también a través del lig.inguinal, fig. **133**) hacia la piel de la cara externa del muslo (fig. **136**);
- el *m.psoas ilíaco* hacia el trocánter menor;
- el *n.femoral* (en la zona interna de la laguna muscular, situado en el surco limitado por el m.psoas y el m.ilíaco, fig. **133**) a los extensores en el muslo, así como a la piel de la cara anterior e interna de la pierna y muslo.

Por la *laguna vascular* pasan (figs. **124** y **128**):
- el *ramo femoral* del *n.genitofemoral* (por fuera de los vasos femorales) a la piel situada por debajo del lig.inguinal, ante todo en la región del hiato safeno;
- la *a.femoral* (figs. **132** y **133**), que yace externamente a la vena femoral y emite ramas a las capas profundas de la región glútea antes de que, a través del hiato de los aductores, alcance como a.poplítea el hueco poplíteo;
- la *vena femoral* (fig. **133**), que internamente a la arteria del mismo nombre está encerrada con ella en una vaina vascular conjuntival, se dirige hacia la pelvis y se continúa con la vena ilíaca externa;
- *vasos linfáticos eferentes* de los ganglios linfáticos inguinales profundos (internamente, fig. **209**), conducen la linfa de toda la extremidad inferior, de la pared abdominal debajo del ombligo, de la porción caudal de

la espalda, de la región glútea, del perineo y de la zona genital a los ganglios linfáticos iliacos externos.

Anillo femoral. La laguna vascular se parece en su forma a un triángulo obtuso cuya base está formada por los dos tercios internos del ligamento

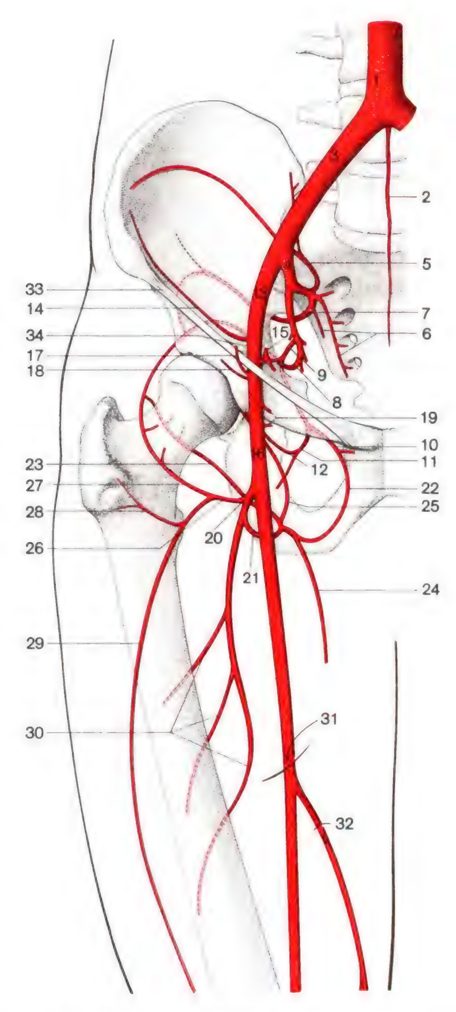


Fig. 132. **Arterias de las regiones inguinal y crural.** Vista anterior.

inguinal (es decir, por el borde superior de la aponeurosis del m.oblicuo abdominal externo), mientras que el arco iliopectíneo y la rama superior del pubis cierran el ángulo obtuso del triángulo. El ángulo interno del compartimiento vascular está recubierto por una placa fibrosa, el *lig.lacunar*, también llamado ligamento de Gimbemat (fig. **128**). El lig.lacunar se extiende entre el lig.inguinal y la rama superior del pubis y se continúa como *lig.pectíneo* en la cresta del pubis. El agudo borde externo de esta placa fibrosa falciforme constituye el límite interno del *anillo femoral.* Externamente, el anillo está formado por la vaina vascular de los vasos femorales; ventrocraneal está bordeado por las fibras que penetran en el lig.inguinal y dorsocaudal por el lig.pectíneo.

El anillo femoral está cerrado por el fino *tabique femoral* (fig. **128**), que también está formado por fibras de la fascia transversal y de la fascia ilíaca. Por el anillo vascular pasan los vasos linfáticos en dirección craneal ("laguna linfática"). Casi siempre en el anillo se encuentra un ganglio linfático, el ganglio de Rosenmüller, también llamado ganglio de Clocquet.

Hernia femoral. El anillo femoral representa una localización de menor resistencia. Las vísceras pueden evaginar el peritoneo y el tabique femoral como saco herniario; por debajo de la fascia lata atraviesan el hiato safeno y abomban la fascia cribosa. Una hernia de tal tipo se denomina *hernia femoral* (aproximadamente 10 % de todas las hernias). El canal que parte del anillo femoral, en sentido estricto formado por el saco herniario, se llama *canal femoral.* Las *hernias femorales* se encuentran siempre *por debajo* del lig.inguinal, externamente al lig.lagunar, por cuyo borde agudo pueden estrangularse. En la mujer, en la que la pelvis es relativamente más ancha y la puerta vascular relativamente más amplia que en el hombre, son 3 ó 4 veces más frecuentes que en éste. El conducto inguinal se presenta en la parte craneal del ligamento inguinal y atraviesa la pared abdominal. Las *hernias inguinales* se abomban constantemente *por encima* del ligamento inguinal.

◄ 1 Aorta abdominal
2 A.sacra mediana
3 A.ilíaca común
4 A.ilíaca interna
5 A.iliolumbar
6 Aa.sacras externas
7 A.glútea superior
8 A.glútea inferior
9 A.obturatriz
10 R.anterior
11 R.posterior
12 R.acetabular
(10–12: de la a.obturatriz)
13 A.ilíaca externa
14 A.circunfleja ilíaca profunda
15 A.epigástrica inferior
16 A.femoral
17 A.epigástrica superficial
18 A.circunfleja ilíaca superficial
19 Aa.pudendas externas
20 A.femoral profunda
21 A.circunfleja femoral interna
22 R.ascendente
23 R.profunda
24 R.transversa
25 R.acetabular
(22–25: de la a.circunfleja femoral interna)
26 A.circunfleja femoral externa
27 R.ascendente
28 R.transversa
29 R.descendente
(27–29: de la a.circunfleja femoral externa)
30 Aa.perforantes
31 Entrada de la a.femoral en el canal aductor
32 Salida de la a.descendente de la rodilla del canal de los aductores
33 Lig.inguinal
34 Cintilla iliopectínea

Abscesos descendentes. Los abscesos (acumulaciones purulentas) como consecuencia de una inflamación (casi siempre tuberculosa) pueden irrumpir en el m.psoas y, por las fascias, descender hacia abajo. Pasan por la laguna muscular y pueden palparse por debajo del surco inguinal. La contractura que se presenta como consecuencia de la irritación del m.psoas conduce a una posición forzada de la articulación de la cadera (flexión leve, abducción y rotación externa, → Posición de relajación de la articulación de la cadera, pág. **347**).

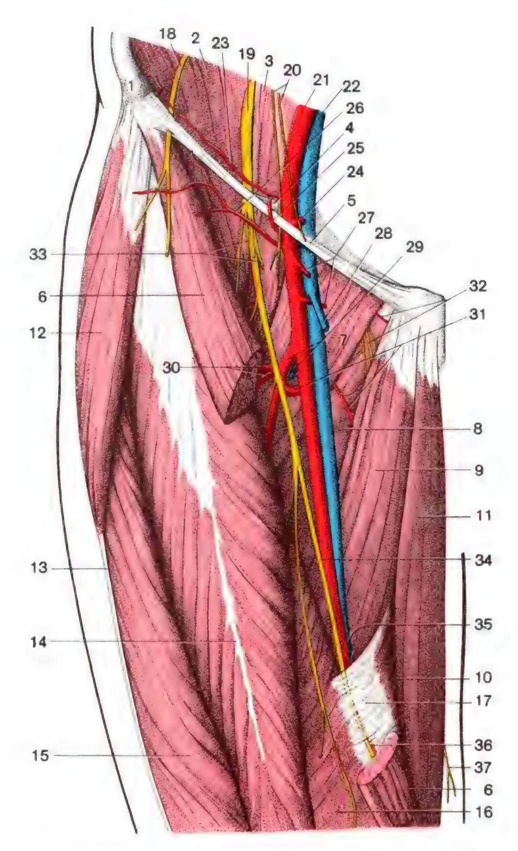


Fig. 133. **Vasos y nervios en el trígono femoral.** (Triángulo de Scarpa). (Ramos cutáneos sólo un trayecto corto; ramos musculares y venas no representados o no totalmente).

Vasos y nervios en el trígono femoral

El **trígono femoral**, o triángulo de Scarpa, es una zona triangular que está limitada por arriba por el lig.inguinal, por fuera por el m.sartorio, e internamente por el m.recto interno (fig. **133**). El suelo muscular de esta región lo forman externamente el m.psoas ilíaco, recto femoral y vasto interno, y por dentro los músculos pectíneo aductor mediano y aductor mayor.

Con el mismo sentido que el término trígono femoral es utilizado también el concepto "región subinguinal". No obstante, algunos autores entienden con ello únicamente el segmento proximal del trígono femoral e indican como límite externo el segmento de trayecto extrapélvico del m.psoas ilíaco; como límite interno, el m.pectíneo.

Por **"fosa subinguinal"** ("fosa iliopectínea") se entiende el *espacio* conjuntival situado por debajo del ligamento inguinal, que está limitado por la fascia del m.psoas ilíaco (externamente), o del m.pectíneo y por los aductores (internamente), y que con respecto al subcutis está aislado por la fascia lata. La fosa subinguinal está atravesada en toda su longitud por los vasos femorales.

Por la fosa subinguinal discurren los segmentos cercanos al origen o a la desembocadura de las ramas proximales de los *vasos femorales* (inclusive los vasos femorales profundos) y ramos del *n.femoral*, que, a través de la fascia del psoas ilíaco, penetran en la fosa. Inervan la piel en la cara ventral del muslo (rr. cutáneos anteriores), así como el músculo sartorio y los fascículos del m.cuadríceps femoral. En el vértice de dirección distal del triángulo de la fosa subinguinal se sitúa externamente a los vasos femorales el *n.safeno*, de manera que en un segmento limitado existe un cordón vásculo-nervioso unitario.

La **a.femoral**, la continuación distal de la a.ilíaca externa, se encuentra en la salida de la laguna vascular (figs. **128, 132** y **133**), en el centro de una

---

◄ 1 Espina ilíaca anterosuperior
2 M.ilíaco } M.psoas ilíaco
3 M.psoas mayor } M.psoas ilíaco
4 Cintilla iliopectínea
5 Lig.inguinal
6 M.sartorio
7 M.pectíneo
8 M.aductor menor
9 M.aductor mediano
10 M.aductor mayor
11 M.recto interno
12 M.tensor de la fascia lata
13 Tracto iliotibial, borde de sección
14 M.recto femoral
15 M.vasto externo
16 M.vasto interno
17 "Membrana vastoaductora"
18 N.cutáneo femoral externo
19 N.femoral
20 R.femoral y r.genital del n.abdominogenital
21 A.ilíaca externa, más allá del arco crural: A.femoral
22 V.ilíaca externa, más allá del arco crural: V.femoral
23 A.circunfleja ilíaca profunda
24 A.epigástrica inferior
25 A.epigástrica superficial
26 A.circunfleja ilíaca superficial
27 Aa.pudendas externas
28 V.safena magna
29 A. y v.femoral profunda
30 R.ascendente y r.descendente de la a.circunfleja femoral externa
31 A.circunfleja femoral interna y rama muscular
32 R.anterior de la a.obturatriz y del n.obturador
33 Rr.cutáneos anteriores del n.femoral
34 N.safeno
35 Canal de los aductores (conducto de Hunter)
36 A.anastomótica magna
37 R.cutáneo del n.obturador.

línea que une la sínfisis con la espina ilíaca anterosuperior (zona del pulso), discurre en arco por la articulación de la cadera, y, bastante superficialmente, únicamente cubierta por la fascia lata y la piel, por la fosa subinguinal. Detrás del m.sartorio pasa la a.femoral por el surco formado por los mm.vasto interno y aductor largo (fig. **136**) en sentido distal, entra en el canal de los aductores (figs. **132** y **133**), y a través del hiato tendíneo (aductor), llega al hueco poplíteo, donde es denominada *a.poplítea.*

La *v.femoral* (fig. **128**) se encuentra en la laguna vascular y en la "fosa iliopectínea" por dentro de la a.femoral, en la parte media del muslo, detrás y en la hendidura de los aductores dorsal externa. El *n.femoral* es separado de la arteria por la fascia ilíaca o por el arco iliopectíneo. El *n.safeno* (fig. **133**) se sitúa en la "fosa iliopectínea" en la cara externa de la arteria, más lejos distalmente delante del vaso (fig. **136**) y discurre conjuntamente en el canal de los aductores. Sin embargo, abandona la arteria, atraviesa la "membrana vastoaductora" y va con la arteria anastomótica magna (figs. **133** y **147**) a la articulación de la rodilla y a la cara interna de la tibia (fig. **151**).
La a.femoral da ramos superficiales (predominantemente en la fosita subinguinal) a la piel y (durante todo su trayecto) ramas profundas a la musculatura. En la región de la cadera, mediante numerosas anastomosis, está en comunicación con ramas de la a.ilíaca interna, de manera que en la ligadura de la a.ilíaca externa o de la a.femoral proximal a la salida de la a.femoral profunda puede formarse una eficaz circulación colateral.

Una hemorragia de la a.femoral puede ser interrumpida si se comprime el vaso fuertemente contra la eminencia iliopúbica.

La *a.femoral* (fig. **132**) emite (además de ramas variables para el grupo de extensores y aductores):

– la *a.epigástrica superficial*, que va por el lig.inguinal a la piel del abdomen (hasta la altura del ombligo) (figs. **133, 209** y **214**) y anastomosa con ramos de la a.torácica interna;
– la *a.circunfleja ilíaca superficial*, que discurre paralelamente al ligamento inguinal (figs. **133, 209** y **214**) y se ramifica en la piel de la región inguinal;
– rr.inguinales a la piel de la región inguinal y a los ganglios linfáticos inguinales;
– las *aa.pudendas externas* (casi siempre dos vasos, figs. **133** y **209**) que internamente van a la piel de los genitales externos y en el hombre emiten *rr.escrotales anteriores* al escroto, y en la mujer *rr.labiales anteriores* a los labios mayores;
– la *a.femoral profunda*, la rama más potente de la a.femoral, de la que parten todos los ramos esenciales para el muslo;
– la *a.anastomótica magna* a la articulación de la rodilla y pierna.

La **a.femoral profunda** (fig. **133**) nace 2-3 cm por debajo del ligamento inguinal de la cara externa de la a.femoral y se dirige por detrás de esta arteria entre el m.vasto interno y los músculos del grupo de los aductores en sentido distal. Emite (fig. **132**):

– la *a.circunfleja femoral interna*, que entre los mm.psoas ilíaco y pectíneo llega a la cara interna del cuello del fémur (fig. **133**), anastomosa con las arterias obturatriz, circunfleja femoral externa y glútea,

irriga con el *ramo ascendente* los aductores proximales, con un *r.profundo* los mm.cuadrado femoral, aductor mayor y los flexores en el muslo, y emite el *ramo transverso* a la musculatura isquiocrural y el variable *r.acetabular* a través de la hendidura acetabular al ligamento de la cabeza del fémur;

– la *a.circunfleja femoral externa*, que discurre dorsalmente a los mm. sartorio y recto femoral hacia fuera (fig. **133**), con varios ramos atraviesa el m.vasto externo y en el trocánter mayor anastomosa con ramas de las aa.glúteas y circunfleja femoral interna,

en lo que la arteria casi siempre se divide muy precozmente en *rama ascendente*, cuyos ramos terminales penetran en el m.tensor de la fascia lata, el *ramo transverso* al trocánter mayor y el *ramo descendente*, que se ramifica ante todo en el m.cuadríceps femoral y alcanza la red articular de la rodilla (fig. **147**);

– *Aa.perforantes* (3-5 vasos). Estos ramos terminales de la a.profunda femoral (fig. **136**) pasan cerca de la línea áspera a través de los aductores, se ramifican en los aductores y los músculos isquiocrurales y anastomosan entre sí y con ramas arteriales vecinas.

La primera y la última a.perforante emiten casi siempre una arteria nutricia que va al fémur.

La a.circunfleja femoral interna, en aproximadamente el 20 % de los casos nace directamente de la a.femoral; la a.circunfleja femoral externa lo hace con una frecuencia algo menor.

V.femoral. En la pierna, como en el brazo, junto al sistema de venas satélites existe una red venosa cutánea que anastomosa con múltiples venas profundas y que en las vv.safenas posee potentes venas longitudinales.

La *vena femoral* (fig. **133**), la vena satélite de la a.femoral, sale en la hendidura de los aductores a partir de la vena poplítea. Se tuerce desde la cara dorsolateral de la a.femoral en su cara interna y recoge en el hiato safeno la vena safena magna (figs. **171a** y **209**). La v.femoral entra en la laguna vascular por dentro de la a.femoral y en la parte proximal del ligamento inguinal se continúa en la vena ilíaca externa.

La vena femoral y la parte proximal de la v.poplítea son impares, sus ramas laterales y el segmento parcial distal de la v.poplítea son de formación doble. Los afluentes de la v.femoral y de la v.poplítea acompañan las ramas de las arterias del mismo nombre.

Si bien la v.femoral posee una anastomosis con el territorio de la v.cava superior a través de la v.epigástrica superficial (por vv.toracoepigástricas - v. axilar), sin embargo, en una ligadura de la vena femoral en la proximidad del lig.inguinal se producen intensas estasis venosas. Distalmente existen anas-

tomosis suficientes. Dado que proximalmente a la desembocadura de la vena safena magna, la vena femoral carece de válvulas, en una sección del vaso cerca del ligamento inguinal se producen notables hemorragias. La relajación de la vena en la vaina vascular conjuntiva favorece la corriente de retorno de la sangre y mantiene la luz vascular algo abierta también en caso de flexión extrema o extensión de la cadera. Una aspiración de aire en la lesión de la pared venosa es impedida (bajo la influencia de la gravedad) por la tensión venosa dominante en esta zona vascular.

Vasos linfáticos profundos acompañan a los vasos femorales y sus ramas. En la fosa subinguinal 8-12, pequeños troncos linfáticos que cursan sobre todo en la cara interna de la v.femoral penetran en los ganglios linfáticos inguinales profundos (fig. **209**). Los ganglios linfáticos inguinales (3-4) se hallan en la cara interna de la vena femoral, cerca de la desembocadura de la v.safena magna. Recogen linfa del esqueleto y de la musculatura de la extremidad inferior, así como (la mayor parte de la linfa) de los ganglios linfáticos inguinales superficiales y la conducen a los ganglios linfáticos ilíacos externos.

Al ganglio linfático de Rosenmüller, situado en el anillo femoral ("ganglio linfático del anillo femoral"), que comunica los grupos linfáticos ganglionares situados en la fosa subinguinal y los situados a lo largo de los vasos ilíacos externos, le corresponde una especial importancia clínica. Puede ser infectado por gérmenes purulentos del territorio de los ganglios inguinales profundos o puede ser asiento de metástasis tumorales (entre otros, de la pierna, recto, útero o de la mama). En caso de una inflamación del ganglio linfático de Rosenmüller pueden presentarse síntomas similares a los de una hernia femoral.

El **n.femoral** va con el m.psoas ilíaco a través de la laguna muscular (figs. **128** y **133**) y se divide seguidamente en sus ramos, que atraviesan la fascia del psoas ilíaco.

Todavía dentro de la pelvis mayor, el n.femoral emite *rr.musculares* a los mm. psoas e ilíaco, y, craneal al ligamento inguinal, emite al m.pectíneo un ramo muscular delgado que discurre por las capas de fibras del arco iliopectíneo y corre dorsalmente con respecto a los vasos femorales.

El *n.femoral* en el muslo emite (fig. **133**):

Rr.musculares a los m.extensores en el muslo (mm.sartorio y cuadríceps femoral).

– *Rr.cutáneos anteriores*, que a través de la fascia lata pasan a la piel en la cara interna y ventral del muslo (figs. **135, 173** y **209**) y pueden anastomosar con ramas del r.femoral del n.femorogenital o del n.cutáneo femoral externo,

en lo que 1-2 ramos nerviosos internos se dirigen hacia la parte distal con la vena safena magna, mientras que las ramas externas discurren por el m.sarto-

rio, en torno al borde muscular interno, más distalmente también externamente al músculo y atraviesan la fascia lata;

– el *n.safeno* a la piel en la cara interna del muslo y en el borde interno del pie (figs. **147, 151, 152, 164** y **173**).

b) Vía vásculo-nerviosa en la región interna de la cadera

El **conducto obturador**, que es limitado por el canal subpubiano y la membrana obturatriz (fig. **118**) y tiene 2-3 cm de longitud, une el espacio subperitoneal en la pared de la pelvis menor con la cámara fascial de los aductores en la región interna de la cadera.

Por esta vía vásculo-nerviosa (figs. **124** y **128**) discurren:

– la *a.obturatriz*, que vasculariza ante todo los aductores y la capa profunda de los músculos externos de la cadera y cuyas ramas anastomosan con ramas de la a.circunfleja femoral interna, así como de la a.glútea inferior;

– las *vv.obturatrices*, que conducen sangre de la región interna de la cadera a la v.ilíaca interna, pero que no obstante poseen también extensas anastomosis con ramas de la v.femoral y de la vena ilíaca externa;

– *vasos linfáticos* que acompañan a los vasos obturatorios y conducen la linfa de la región interna de la cadera a los ganglios linfáticos ilíacos;

– el *n.obturador*, que inerva los aductores e inerva sensitivamente una pequeña área cutánea en la cara interna del muslo (territorio autónomo: por encima de la articulación de la rodilla) (figs. **136** y **173**).

Hernia del obturador. El n.obturador discurre por el conducto del obturador craneal respecto a los vasos. En una hernia del obturador (en mujeres mayores no del todo rara) el saco herniario puede comprimir por dentro a los nervios y provocar parestesias (hormigueo, sensación acorchada) o provocar dolores en la cara interna del muslo. El trastorno motor, más raro, origina una posición forzada caracterizada por una aducción y rotación externa del muslo flexionado.

El n.obturador puede lesionarse fácilmente en roturas de pelvis en su trayecto relativamente largo en la pared ósea de la pelvis menor y en el conducto obturador.

La **a.obturatriz**, además de ramas para los mm.psoas ilíaco y obturador interno, emite antes de su entrada en el conducto obturador un *ramo púbico* que, en la cara posterior del ramo superior del pubis, va a la sínfisis (fig. **124**). Un ramo lateral del ramo púbico anastomosa con el r.púbico de la a.epigástrica inferior.

A veces la a.obturatriz nace sobre esta conexión o recibe a través de ella un origen adicional, la *a.obturatriz accesoria.* El fuerte vaso circula por el borde interno de la laguna vascular. Dado que en los principios de la cirugía, en la operación de hernias femorales esta arteria era frecuentemente seccionada y se producía una hemorragia, este nacimiento accesorio de la a.obturatriz recibió el nombre de *corona mortis.*

La *a.obturatriz* (fig. **132**) se ramifica en el conducto obturador en
- el *r.anterior* (fig. **133**) al m.obturador externo, a los aductores y a la piel de los genitales internos, y en
- el *r.posterior*, que emite el *ramo acetabular* en el lig.de la cabeza del fémur a la cabeza del fémur, y por la tuberosidad isquiática se dirige a la capa profunda de los músculos externos de la cadera.

El r.anterior anastomosa con ramas de la a.circunfleja femoral interna, el ramo posterior con pequeñas ramificaciones de la a.glútea inferior.

El **n.obturador**, antes de la entrada en el conducto obturador, da un ramo muscular para el músculo obturador externo, que con el nervio circula a través del conducto (fig. **124**). Antes o en el momento de entrar en el conducto obturador se divide el n.obturador (fig. **128**) en
- el *r.anterior* (figs. **133** y **136**), que circula entre los mm.aductor menor y aductor mediano e inerva ambos músculos, el músculo recto interno, casi siempre –adicionalmente para el n.femoral–, también el m.pectíneo y el r.cutáneo (figs. **133** y **173**) a la piel de la cara interna del muslo (territorio autónomo) y de la articulación de la rodilla (territorio máximo), así como en
- el *r.posterior*, que en el músculo aductor mayor se dirige distalmente e inerva el músculo.

c) Vías vásculo-nerviosas en la región glútea profunda

Las vías vásculo-nerviosas que desde la pelvis menor de dirigen en dirección dorsal hacia la región glútea profunda pasan por el agujero ciático mayor (figs. **118** y **134**) y conducen al *espacio conjuntival subglúteo*. Este espacio conjuntival, que contiene abundante tejido adiposo, se encuentra entre el m.glúteo mayor y la capa muscular profunda que consta de los mm.piramidal, obturador interno con gemelos y cuadrado femoral. Está limitado, por una parte, por la fascia en la cara interior del m.glúteo mayor, por otra, por una hoja profunda de fascia que continúa en dirección distal la fascia del m.glúteo medio, cubre los músculos profundos y pasa a la envoltura fascial de los músculos isquiocrurales. El espacio conjuntival subgluteal es simultáneamente capa de deslizamiento y vía ancha vásculo-nerviosa para vasos y nervios de la región glútea, que se ramifican aquí y discurren por vías conductoras a la fosa isquiorrectal o al muslo.

En el tejido conjuntivo que acompaña a los vasos y nervios que circulan por el agujero ciático mayor, pueden diseminarse las inflamaciones del espacio subperitoneal conjuntival de la pelvis menor a la región glútea, a lo largo del n.ciático también a las capas deslizantes entre los músculos en la cara posterior del muslo.

Hernia isquiática. Las hernias a través del agujero isquiático mayor son extremadamente raras. Los síntomas evidentes en la hernia isquiática casi siempre se presentan solamente cuando se estrangula. Si el saco herniario se evagina

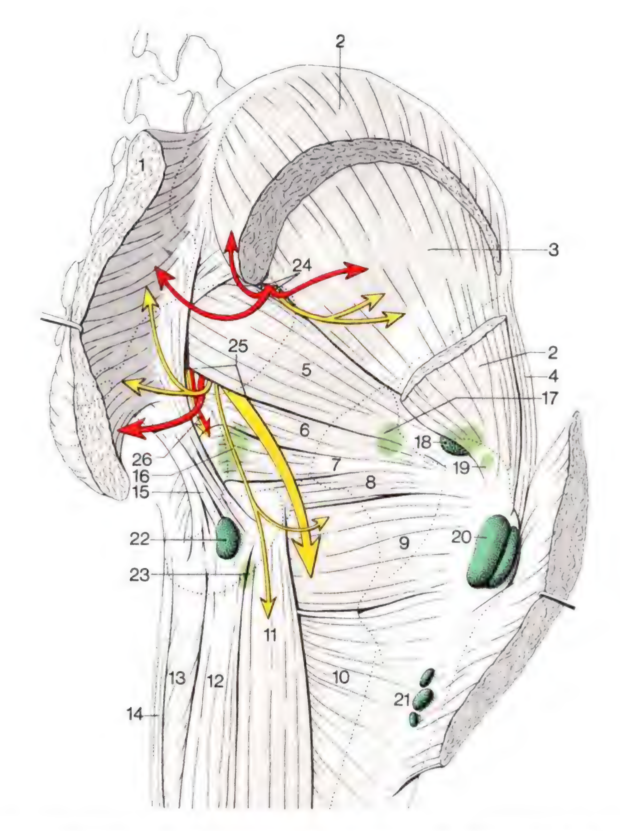


Fig. 134. **Músculos, bolsas sinoviales y vías vásculo-nerviosas en la región glútea** (m.glúteo mayor seccionado y retirado a ambos lados, tercio medio del m.glú teo medio extirpado).

1 M.glúteo mayor
2 M.glúteo medio
3 M.glúteo menor
4 M.tensor de la fascia lata
5 M.piramidal
6 M.gemelo superior
7 M.obturador interno
8 M.gemelo inferior
9 M.cuadrado femoral
10 M.aductor mediano
11 M.bíceps femoral, fascículo largo
12 M.semitendinoso
13 M.aductor mayor
14 M.recto interno
15 Lig.sacrociático mayor
16 Bolsa isquiática del m.obturador interno
17 Bolsa del m.piramidal
18 Bolsa trocantérea del m.glúteo medio
19 Bolsa trocantérea del m.glúteo menor
20 Bolsa trocantérea del m.glúteo mayor
21 Bolsas intermusculares de los mm.glúteos
22 Bolsa isquiática del m.glúteo mayor
23 Bolsa del m.bíceps crural
24-26 *Vías vásculo-nerviosas a través:*
del departamento suprapiramidal del agujero isquiático mayor (24): Vasos glúteos superiores, n.glúteo superior

del departamento infrapiramidal del agujero isquiático mayor (25): n.ciático, n.femorocutáneo posterior, n.glúteo inferior, vasos pudendos internos, n.pudendo del agujero isquiático menor (26): vasos pudendos internos, n.pudendo.

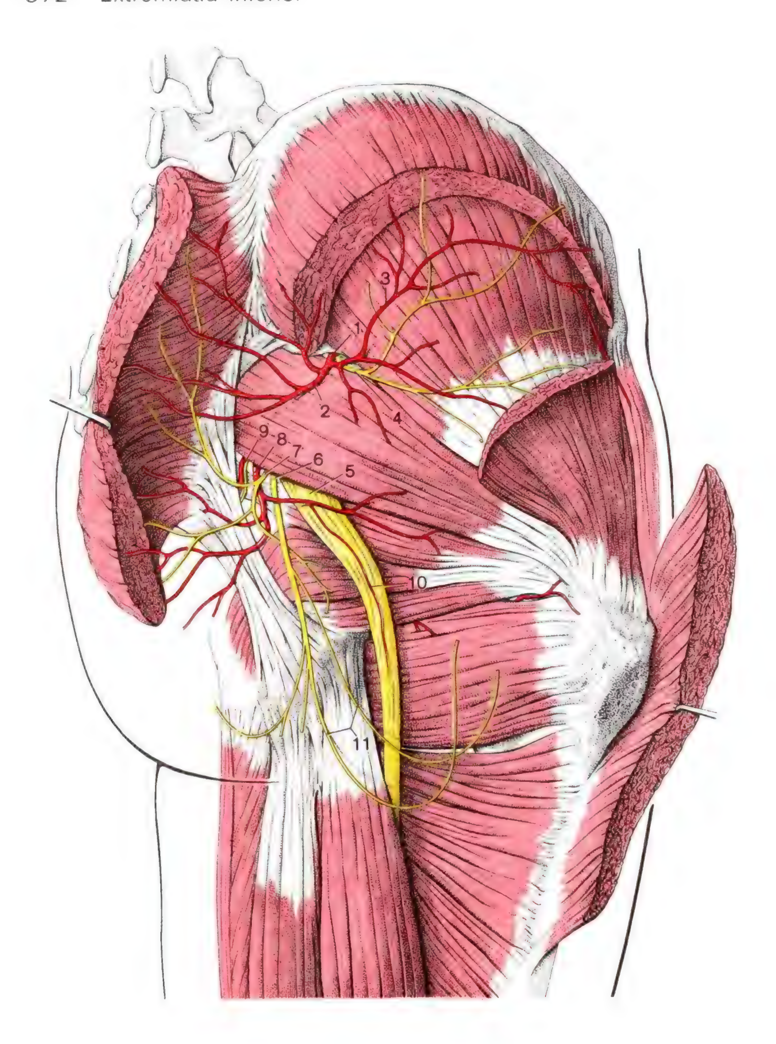


Fig. 135. **Arterias y nervios en la región glútea** (representación de los músculos → Fig. 134).

1 A.glútea superior
2 R.superficial de la a.glútea superior
3 R.profunda de la a.glútea superior
4 N.glúteo superior
5 N.ciático
6 N.cutáneo femoral posterior
7 N.glúteo inferior
8 A.glútea inferior
9 N.pudendo y a.pudenda interna
10 A.del nervio ciático
11 Nn.inferiores de la nalga

por debajo del m.piramidal, puede también comprimir el n.ciático y provocar dolores en las piernas.

Por el *departamento suprapiriforme del agujero ciático mayor* (figs. **123, 124, 134** y **135**) circulan:
– La *a.glútea superior* (con sus venas satélites) hacia la parte craneal del m. glúteo mayor, a los m.glúteos menores y al m.piramidal,
– el *n.glúteo superior* a los músculos glúteos menores y al m.tensor de la fascia lata.

A través del departamento infrapiramidal del agujero isquiático mayor pasan (figs. **123, 124, 134** y **135**):
– En el ángulo externo: el *n.ciático,* que discurre en sentido distal por los mm.obturador interno, gemelos, cuadrado femoral y aductor mayor, y en la región glútea está cubierto por el m.glúteo mayor, y
– el *n.cutáneo femoral posterior* a la piel de las nalgas, del muslo y del hueco poplíteo (fig. **173b**, ocasionalmente también de la pantorrilla);
– en la parte media: la *a.glútea inferior* (con venas satélites) a los dos tercios caudales del m.glúteo mayor y
– el *n.glúteo inferior*, que inerva ante todo el m.glúteo mayor;
– en el ángulo interno: la *a.pudenda interna* con venas satélites y
– el *n.pudendo*, que se enlaza en torno a la espina ciática (figs. **134** y **135**), a través del agujero isquiático menor alcanza la fosa isquiorrectal e inerva músculos y piel de la región anogenital.

En las inyecciones intramusculares, que ventajosamente deben ser aplicadas en la voluminosa musculatura glútea, en caso de práctica inadecuada está muy expuesto el n.ciático.

Por regla general se inyecta en el cuadrante superoexterno de la región glútea, sin sobrepasar distalmente la línea que une la cresta ilíaca posterosuperior y anterosuperior.

Vasos y nervios en el espacio conjuntival subgluteal

La **a.glútea superior** (figs. **132** y **135**), al atravesar el agujero isquiático mayor emite una arteria nutricia para el pubis y se divide en el borde superior de la escotadura ciática mayor en una *rama superficial* (a la parte craneal del m.glúteo mayor y al m.glúteo medio) y en una *rama profunda* para los músculos glúteos menores y para el m.piramidal.

La a.glútea superior posee numerosas anastomosis con otras ramas de la a.ilíaca interna y con ramos de la a.circunfleja femoral externa.

La **a.glútea inferior** (figs. **132** y **135**) irriga los dos tercios caudales del m.glúteo mayor.

Emite finas ramas a los pequeños músculos rodadores y a la cápsula de la articulación de la cadera, anastomosa con numerosas ramas de arterias vecinas y puede dar una *a.del nervio ciático* (figs. **135** y **136**), que el n.ciático acompaña hasta la parte distal del muslo.

El **n.glúteo superior** (fig. **135**), entre los mm.glúteo medio y menor, da cortos ramos musculares a ambos músculos. Su ramo terminal se dirige (frecuentemente por el m.glúteo menor) al m.tensor de la fascia lata.
El **n.glúteo inferior** (fig. **135**) cursa por la parte externa de los vasos glúteos inferiores y se ramifica en departamentos en la cara inferior del m.glúteo mayor.

Los ramos nerviosos craneales se entrelazan con ramas del r.superficial de la a.glútea superior; los fascículos nerviosos caudales acompañan las ramas de la a.glútea inferior. Por regla general, pequeños ramos musculares van a los mm.obturador, gemelos y cuadrado femoral.

El **n.cutáneo femoral posterior** (fig. **135**) emite en el borde inferior del m.glúteo mayor 2-3 *nn.inferiores de la nalga* (fig. **173b**) que van a la piel de la nalga, y emite ramos aislados perineales para la piel del periné y el escroto (o a los labios mayores). Su ramo principal discurre entre el m.subtendinoso y m.bíceps femoral por debajo de la fascia en sentido distal y da numerosos ramos a la piel de la cara posterior del muslo, del hueco poplíteo y (ocasionalmente también) de la pantorrilla.
El **n.ciático** (fig. **135**) se encuentra en la región glútea algo internamente con respecto al centro de una línea que une el trocánter mayor con la tuberosidad isquiática. Discurre en dirección distal por la fascia del m.aductor mayor, inicialmente entre aductores y flexores, y por encima del hueco poplíteo entre los flexores internos y externos y se divide lo más tarde al entrar en el hueco poplíteo (figs. **143, 146** y **147**) en el n.tibial y el n.peroneo común.
El n.ciático inerva los músculos obturador interno, gemelos y cuadrado femoral, la musculatura isquiocrural y todos los músculos de la pierna y pie. Sensitivamente inerva toda la piel de la pierna y del pie, exceptuando una zona acintada sobre la cara interna de la tibia (hasta cerca del maléolo interno), que es exclusivamente inervado por el n.safeno.
La inervación de los músculos de la extremidad inferior está indicada en la tabla **7**.

d) Vasos y nervios en la fosa isquiorrectal

Los **vasos pudendos internos** y el **n.pudendo** se enlazan alrededor de la espina isquiática o del borde inferior del lig.sacroespinoso, y pasan por el orificio sacrociático menor (figs. **118, 124, 134** y **135**) al *canal de Alcock* (fig. **121**). Este se halla en la pared externa de la fosa isquiorrectal, está formado por un desdoblamiento de la fascia obturatriz y conduce los vasos y nervios a la cara interna de la tuberosidad isquiática y, a lo largo de la rama, caudalmente con respecto al diafragma pélvico, hasta el borde posterior del diafragma urogenital.
La *a.pudenda interna* –aún dorsalmente a la tuberosidad isquiática– emite en la entrada al canal del pudendo la a.rectal inferior. Tiene ocasionalmente varias ramas de origen, atraviesa la hoja interna del conducto de

Tabla **7.** Inervación de los músculos de la extremidad inferior

	Músculo	**Nervio**
Suelo de la pelvis	M. elevador del ano	Ramos directos del plexo sacro ($S_{3,\ 4}$)
	M. coccígeo	
	M. transverso perineal profundo	N. pudendo
Cadera	M. psoas iliaco	Ramos directos del plaxo lumbar ($L_{2,3}$) y n. femoral
	M. psoas menor	Ramos directos del plexo lumbar ($L_{2,\ 3}$)
	M. glúteo mayor	N. glúteo inferior
	M. glúteo medio	N. glúteo superior
	M. glúteo menor	N. glúteo superior
	M. tensor fascia lata	N. glúteo superior
	M. piramidal	Ramos directos del plexo sacro (L_5, $S_{1,\ 2}$)
	M. obturador interno y m. gemelos	N. glúteo inferior (y/o n. pudendo o componente tibial del n. ciático)
	M. cuadrado femoral	N. glúteo inferior (y/o componente tibial del n. ciático)
	M. obturador externo	N. obturador
	M. aductor largo	R. anterior del n. obturador
	M. aductor corto	R. anterior del n. obturador
	M. aductor mayor	R. posterior del n. obturador
	M. recto interno	R. anterior del n. obturador
	M. pectíneo	N. femoral (y r. anterior del n. obturador)
Muslo	M. cuadríceps femoral	N. femoral
	M. sartorio	N. femoral
	M. bíceps femoral	
	Fascículo largo	Porción tibial del n. ciático
	Fascículo corto	Porción peroneal del n. ciático
	M. semitendinoso	Porción tibial del n. ciático
	M. semimembranoso	Porción tibial del n. ciático
Pierna	Extensores (grupo muscular anterior)	N. tibial anterior
	Mm. peroneos (grupo muscular externo)	N. peroneo superficial
	Flexores	N. tibial posterior

	Músculo	Nervio
Pie	M. extensor corto del dedo gordo	N. tibial anterior
	M. extensor corto de los dedos	N. peroneo profundo
	M. flexor corto de los dedos	N. plantar interno
	M. cuadrado plantar	N. plantar externo
	Mm. lumbricales I, II	N. plantar interno
	Mm. lumbricales III, IV	N. plantar externo
	Mm. interóseos plantares y dorsales	N. plantar externo
	Músculos del dedo gordo (exceptuando el m. aductor del dedo gordo y fascículo externo del m. flexor corto del dedo gordo)	N. plantar interno
	M. aductor del dedo gordo y fascículo externo del m. flexor corto del dedo gordo	N. plantar externo
	Músculos del dedo pequeño del pie	N. plantar externo

Alcock y, a través del tejido adiposo, se dirige al ano, donde anastomosa con la arteria del lado opuesto y con la a.rectal media.

Otras ramas de la a.pudenda interna → tomo 2

La *v.pudenda interna* es casi siempre de formación doble. Sus ramas acompañan las ramificaciones de la a.pudenda interna.
El *n.pudendo* discurre por el canal pudendo –casi siempre dividido en haces– algo más superficialmente que los vasos pudendos internos. Emite los *nn.rectales inferiores* hacia el m.esfinter externo del ano y a la piel perianal, antes de que se divida en los *nn.perineales* y el *n.dorsal del pene* (fig. **123**) o *del clítoris.*

C. Muslo y región de la rodilla

1. Muslo

a) Disposición e inervación de la musculatura del muslo

Como en el brazo, en el muslo distinguimos también (como grupos genéticos) un *grupo de extensores* (músculos *dorsales*) y un *grupo de flexores* (músculos *ventrales*). La masa muscular de los extensores supera notable-

mente a la del grupo de flexores. Los extensores yacen en la cara anterior del muslo, rodean al fémur casi totalmente y sólo dejan libre en el hueso en la cara dorsal la delgada cinta de la línea áspera. Externamente los extensores y flexores están separados por el tabique intermuscular femoral externo, en la cara interna se desliza el grupo de los aductores entre extensores y flexores. El grupo de los extensores consta de los cuatro músculos individuales del m.cuadríceps femoral y del m.sartorio, los cuales son todos inervados por el n.femoral. De los flexores, el fascículo largo del bíceps, así como los mm.semitendinoso y semimembranoso son inervados por el componente tibial del n.ciático; el fascículo corto del m.bíceps femoral por el componente peroneal del n.ciático.

Fascia lata. Los grupos musculares del muslo están envueltos superficialmente por una fascia del muslo, externamente y ventral relativamente resistente, la *fascia lata* (figs. **136** y **209**), que en la parte proximal está fijada al ligamento inguinal y a la cresta ilíaca y hacia la parte distal pasa a la fascia de la pierna. Consta en su mayor parte de fibras conjuntivales de trayecto aproximadamente circular. Fascículos potentes de trayecto longitudinal están incluidos en la región externa de la fascia como *tracto iliotibial.* En la cara interna del muslo, la aquí delgada fascia es abombada en la bipedestación debido al fascículo interno no contraído del m.cuadríceps femoral (m.vasto interno): eminencia suprarrotuliana.

En la región glútea, la fascia lata es también especialmente denominada "fascia glútea". Reviste los mm.glúteo medio y mayor y se fija a lo largo de la línea de origen del m.glúteo mayor también en el sacro y cóccix.

De la fascia lata parten delgadas láminas conjuntivales a la profundidad, que aíslan y encierran los grupos musculares y los músculos aislados y los hacen desplazables entre sí.

Existen compartimientos especiales para el m.sartorio, el m.tensor de la fascia lata y el m.recto interno del muslo, que dan a estos músculos una guía firme. El potente y en parte aponeurótico *tabique intermuscular femoral externo* (fig. **136**) une la fascia lata con el labio externo de la línea áspera y separa los extensores de los flexores. El *tabique intermuscular femoral interno* (fig. **136**), que entre el grupo de los extensores y el de los aductores se dirige al labio interno, es, a intervalos, un extenso espacio conjuntival por el que circulan los vasos femorales y el n.safeno. Una capa relativamente frágil de tejido conjuntivo que sólo está fuertemente desarrollada alrededor del n.ciático se desliza dorsalmente a la fascia lata y entre los flexores y aductores.

La fascia lata y los tabiques conjuntivales de separación, en la que penetra una gran parte de las fibras "anulares" de la fascia del muslo, delimitan tres cámaras musculares. La extensa *cámara de los extensores* está situada en la cara anterior y en ambos lados del fémur. Está limitada por la fascia lata y ambos tabiques intermusculares, y, prescindiendo de las zonas de paso de los vasos femorales y sus ramas, así como los ramos del n.femoral, está bien aislada. La *cámara de los flexores* ocupa en la sección transversal del muslo el sector dorsal externo, detrás del

tabique intermuscular externo. Comunica la parte proximal, a través del departamento infrapiriforme del agujero sacrociático mayor, con el espacio conjuntival de la pelvis menor y se continúa distalmente en el espacio conjuntival del hueco poplíteo. En la *cámara de los aductores* (detrás del tabique intermuscular femoral interno, en la región dorsal interna del muslo) una vía conjuntival conduce desde la pelvis menor a través del conducto obturador.

Hiato safeno. A través de la fascia lata pasa directamente por debajo del ligamento inguinal la v.safena magna (fig. **171a**) a la vena femoral. La zona de paso, el *hiato safeno* (fig. **209**) está enmarcado en la parte externa distal y (de manera menos acentuada) por una cinta de fascia reforzada en forma de C., la *cresta falciforme*, y está cerrado por una membrana interrumpida a modo de filtro, la *fascia cribosa.* La fascia cribosa recubre como parte de la fascia lata los vasos femorales y cierra en ésta la fosa subinguinal por la parte ventral.

Además de la vena safena magna, por las mallas de la lámina cribosa pasan pequeños vasos sanguíneos, finas ramas nerviosas y numerosos vasos linfáticos.

En la cara anterior de la articulación de la rodilla, la fascia lata está fijada a la rótula, a las aletas ligamentosas de la rótula y al lig.rotuliano. Sobre la rótula está separada de la piel por la extensa *bolsa subcutánea prerrotuliana* (fig. **143**). En la cara posterior de la articulación de la rodilla, una fascia delgada reforzada por fibras circulares, la fascia poplítea, como segmento distal de la fascia lata cierra las formaciones contenidas en el hueco poplíteo.

Grupo de los extensores (músculos dorsales)

El **m.cuadríceps femoral** (figs. **129** y **136**) se origina con cuatro fascículos: el **m.recto femoral**, que pasa por la articulación de la cadera y de la rodilla, y los tres *mm. vastos* que rodean al fémur ampliamente. Los tres músculos se unen y forman un ancho tendón terminal, en el que está alojada la rótula como hueso sesamoideo. Desde el vértice de la rótula, el *lig.rotuliano* como continuación del tendón terminal, va hacia la tuberosidad de la tibia (fig. **129, 142-144**). Debido a la rótula es aumentada la separación del tendón del cuadríceps con respecto al eje de flexión de la articulación de la rodilla y con ello se aumenta el momento de giro del músculo. Como *aletas ligamentosas de la rótula* (figs. **129** y **144**) se designan unas cintas ligamentosas laterales del músculo, que protegen la rótula a cada lado como guías longitudinales y van al borde superior de la tibia. Evitan un deslizamiento de la rótula por la vía deslizante formada por la faceta rotuliana del fémur y transmiten una parte limitada de la acción extensora del m.cuadríceps femoral en la tibia.

El bipennado **m.recto femoral** (figs. **123, 128, 129, 133** y **144**) nace en la espina ilíaca anteroinferior, y, con un 2.° fascículo, en el borde superior del acetábulo y de la cápsula articular. Las fibras de la zona central del tendón de inserción se fijan en el borde superior de la rótula o pasan por

su cara anterior al lig.rotuliano. Los ligamentos laterales penetran a los dos lados de la rótula en las aletas ligamentosas de la misma.

El **m.vasto interno** (figs. **129, 133** y **136**) nace en los dos tercios proximales del labio interno de la línea áspera y de los tendones terminales del m.aductor mediano y aductor mayor. Las fibras proximales del músculo discurren oblicuamente hacia abajo, las distales casi transversalmente. Además del tendón terminal común del m.cuadríceps femoral, pasan fibras del m.vasto interno al borde interno de la rótula y a la aleta ligamentosa interna de la rótula (fig. **144**).

El **m.vasto externo** (figs. **129, 133** y **136**), el mayor fascículo del cuadríceps femoral, toma su origen en la base del trocánter mayor, del labio externo de la línea áspera y de la aponeurosis superficial del músculo que parte del trocánter mayor. El tendón terminal pasa al territorio tendinoso común del m.cuadríceps femoral, y una parte de las fibras tendinosas penetra en la aleta ligamentosa externa de la rótula (fig. **144**).

El **m.vasto intermedio** (1) (figs. **129** y **136**) va de la cara anterior y externa del fémur al tendón terminal común. Su zona de origen alcanza proximalmente hasta la línea intertrocantérea, distalmente hasta el límite entre el tercio medio y el distal del cuerpo del fémur.

Interna y externamente, el m.vasto intermedio es cubierto por el m.vasto interno. El tendón de inserción aponeurótico que alcanza hasta la parte más proximal de la cara anterior del músculo se desliza sobre el m.recto femoral.
Los fascículos musculares del m.vasto intermedio que nacen distalmente se insertan en la cápsula de la articulación de la rodilla, *m.articular de la rodilla* (fig. **143**) y evitan que la cápsula articular se enclave en el movimiento de extensión.

Inervación: N.femoral.

El n.femoral se distribuye inmediatamente por debajo del lig.inguinal en ramos principales y ramos para el m.sartorio y los cuatro fascículos del m.cuadríceps femoral. Las ramas musculares se ramifican antes de penetrar en el correspondiente músculo. El ramo para el m.vasto interno está unido en un corto trayecto con el n.safeno y da también ramos cortos al segmento distal del m.sartorio.

El **m.sartorio** (figs. **123, 128, 129, 133** y **136**) discurre en espiral por la cara anterior e interna del muslo en una vaina fascial formada por la fascia lata de la espina ilíaca anterosuperior. En su trayecto en forma de arco, el músculo cruza el eje de flexión de la articulación de la rodilla en la parte dorsal. El tendón terminal dirigido oblicuamente hacia la parte distal y ventral a través de la "pata de ganso" (fig. **146**) se inserta en la cara interna de la tibia (distal de la tuberosidad tibial) y en la fascia crural.

El denominado pie anserino o pata de ganso superficial se origina por la reunión de los tendones terminales ensanchados del m.sartorio (capa superficial) y el

(1) N. del T.: También llamado m.crural.

m.recto interno del muslo y semitendinoso (capa profunda) y se asemeja a las membranas de un pie de ganso. Del pie anserino, que es separado del lig.colateral tibial por la *bolsa anserina*, irradian las fibras tendinosas a la cara interna de la tibia; fascículos superficiales se continúan en la fascia crural.

Inervación: N.femoral.

Grupo de los flexores (músculos ventrales)

Con excepción del fascículo corto del m.bíceps femoral, los músculos del grupo de flexores se extienden más allá de la articulación de la cadera y de la rodilla. Se originan en la tuberosidad isquiática y se insertan en los dos huesos de la pierna: *musculatura isquiocrural.* El m.bíceps femoral se inserta como único músculo en el peroné y constituye el límite externo de la *fosa poplítea.* Los mm.semitendinoso y semimembranoso se fijan en la tibia y delimitan la fosa poplítea por la cara interna. Los músculos isquiocrurales pueden flexionarse en la articulación de la rodilla y extenderse en la articulación de la cadera o contribuir a fijar la pelvis en una posición determinada. Su capacidad de contracción no es suficiente para flexionar la pierna el máximo con la articulación de la cadera extendida: *insuficiencia activa.* Inversamente, los músculos no se dejan distender lo suficiente para permitir una flexión máxima en la articulación de la cadera en caso de extensión de la articulación de la rodilla: *insuficiencia pasiva* (fig. **17**).

El **m.bíceps femoral** (figs. **128, 130** y **136**) se origina con su *fascículo largo*, conjuntamente con el m.semitendinoso, de la cara posterior de la tuberosidad isquiática (fig. **134**). El *fascículo corto* parte del tercio medio del labio externo de la línea áspera. Continúa la dirección de fibras del m. aductor largo, que a la altura del origen muscular se inserta en el labio interno. El tendón terminal común de los dos fascículos del bíceps se inserta en la cabeza del peroné (fig. **147**). Una parte de las fibras tendinosas va al cóndilo externo de la tibia y a la fascia crural.

El tendón del bíceps está separado del lig.colateral peroneal por la *bolsa subtendinosa del m.bicipital femoral.*

Inervación: Fascículo largo del componente tibial del n.ciático, fascículo corto del componente peroneal del n.ciático.

Los ramos musculares procedentes del componente tibial del n.ciático que se extienden a la musculatura isquiocrural, abandonan el nervio, después que éste ha pasado por debajo del fascículo largo del bíceps, frecuentemente como tronco unitario. Después de un corto trayecto, los ramos musculares se separan en sentido distal y se dividen, de manera que, por regla general, dos ramos nerviosos penetran en un músculo.

El **m.semitendinoso** (figs. **128, 130, 134** y **136**) nace en íntima vecindad con el fascículo largo del bíceps de la tuberosidad isquiática y se inserta a través del "pie de ganso" (fig. **146**) en la cara interna del extremo tibial proximal y en la fascia crural.

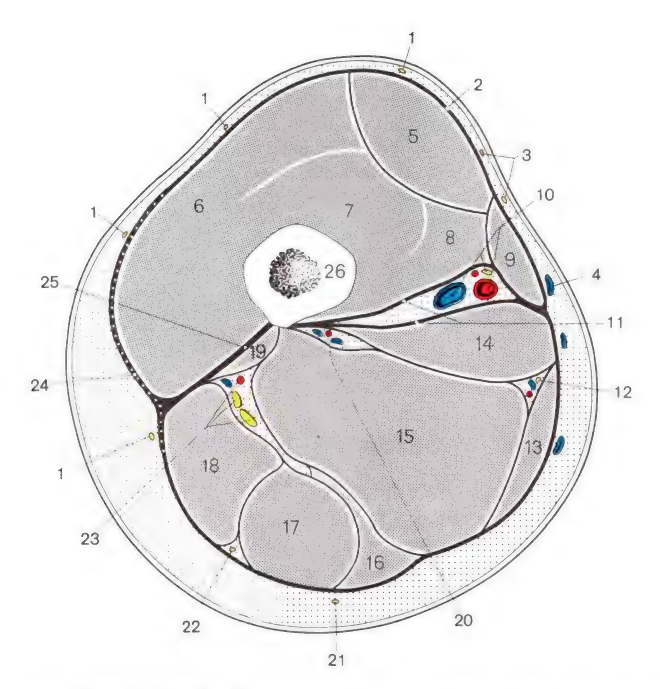


Fig. 136. **Corte transversal en el tercio medio del muslo derecho.** Vista distal de la superficie de corte.

1 Ramos del n.cutáneo femoral externo
2 Aponeurosis superficial
3 Rr.cutáneos anteriores del n.femoral
4 Vena safena magna
5-8 M.cuadríceps femoral
5 M.recto femoral
6 M.vasto externo
7 M.crural
8 M.vasto interno
9 M.sartorio
10 N.safeno y a. y v.femoral
11 Tabique intermuscular femoral interno
12 R.anterior del n.obturador
13 M.recto interno
14 M.aductor mediano
15 M.aductor mayor
16 M.semimembranoso
17 M.semitendinoso
18 Fascículo largo del m.bíceps femoral
19 Fascículo corto del m.bíceps femoral
20 R.terminal de la a.femoral profunda: a. perforante tercera
21 R. del n.cutáneo femoral posterior
22 N.cutáneo femoral posterior
23 N.ciático y a. del n.ciático
24 Tracto iliotibial
25 Tabique intermuscular femoral externo
26 Fémur

El músculo cursa en un surco formado por el m.semimembranoso en dirección distal (fig. **143**). Posee un tendón terminal largo que ya comienza en el muslo (por ello se llama semitendinoso) y penetra en la capa profunda de la “pata de ganso”.

Inervación: Componente tibial del n.ciático.

El **m.semimembranoso** (figs. **128, 130** y **136**) se origina entre la zona de origen del fascículo largo del biceps y del m.cuadrado femoral, en la tube-

rosidad isquiática. Se inserta en el cóndilo interno de la tibia, en la pared posterior de la cápsula articular de la rodilla y en la fascia del m.poplíteo.

El músculo sólo es musculoso en las dos cuartas partes medias. El largo tendón de origen se ensancha en una placa tendinosa extensa, y el tendón terminal es igualmente plano. Circula en tres cordones tendinosos, de los cuales el tibial se dobla hacia la parte ventral y se inserta debajo del lig.colateral tibial en el cóndilo interno de la tibia, mientras que el cordón medio continúa la dirección del músculo y en parte se inserta en la cara posterior del extremo proximal de la tibia, y en parte penetra en la fascia del m.poplíteo (fig. **146**). El tendón peroneal refuerza la pared posterior de la cápsula articular y se extiende como *lig.poplíteo oblicuo* en diagonal hacia fuera en dirección hacia el cóndilo externo del fémur. En la división del tendón de inserción yace regularmente una bolsa sinovial, la *bolsa del m.semimembranoso*, entre tendón y cóndilo interno de la tibia.

Inervación: Componente tibial del n.ciático.

b) Vías vásculo-nerviosas en el muslo

Vasos y nervios en el lado de extensión del muslo

En la cara de extensión del fémur existe un paquete vásculo-nervioso, únicamente en la región distal de la fosita subinguinal y en el segmento proximal del canal aductor. El n.safeno (fig. **136**), que en la fosa subinguinal penetra externamente en la a.femoral, acompaña en este trayecto al haz vascular formado por los vasos femorales y algunos troncos linfáticos profundos, que está envuelto en una vaina conjuntival resistente.

El **n.safeno** está en la zona del canal de los aductores, más superficialmente que los vasos femorales. Antes de que los vasos femorales abandonen el canal por el orificio de los aductores y entren en la fosa poplítea, el nervio atraviesa la "membrana vastoaductora" (fig. **133**), pasa por debajo del m.sartorio, entre el músculo vasto interno y aductor mayor a la cara interna de la rodilla (fig. **147**) y acompaña a la vena safena magna hasta el borde interno del pie (figs. **151, 152, 164** y **173a**).

El m.sartorio es el músculo guía para los vasos femorales, que, en el surco limitado por el m.vasto interno y los aductores, desde la fosa subinguinal se dirigen casi en línea recta a la fosa poplítea. El m.sartorio se enrolla en una espiral alargada desde la parte externa, pasando por la cara ventral del haz vascular, hasta la cara interna del mismo.

La **a.femoral** da en el canal de los aductores, como vaso más importante, únicamente la *a.descendente de la rodilla* (figs. **132** y **133**), que, conjuntamente con el n.safeno o después de su zona de paso, atraviesa la "membrana vastoaductora" y envía r.articulares a la articulación de la rodilla (→red articular de la rodilla) y el **r.safeno** a la cara interna de la tibia (fig. **147**). Ramos musculares entran en el músculo vasto interno.

La arteria femoral solamente debería ser ligada distalmente a la salida de la a.femoral profunda en caso de necesidad, ya que si bien es posible el desarro-

llo de una circulación colateral suficiente entre las ramas de la a.femoral profunda y la a.descendente de la rodilla, no está incondicionalmente asegurada.

La **v.femoral**, que procede de la vena poplítea, se halla en el hiato aductor todavía dorsalmente a la arteria (fig. **133**). Se va deslizando en sentido proximal, cada vez más en su cara interna, de manera que cursa debajo del lig.inguinal por dentro de la a.femoral.

Vasos y nervios en la parte de flexión del muslo

Vasos. En la parte de flexión del muslo faltan grandes vasos que pasen por la extremidad en sentido longitudinal. Los vasos sanguíneos para los músculos, piel y huesos son las ramas de la a.femoral profunda, que distalmente con respecto al m.cuadrado femoral (r.profunda de la a.circunfleja femoral interna) y a través de los aductores (a.perforantes) llegan a la cara posterior del muslo. Están acompañados por ramas radiculares de la v.profunda femoral y vasos linfáticos profundos.

El **n.cutáneo femoral posterior** (fig. **135**) discurre subfascial hasta la fosa poplítea y emite ramos hacia ambos lados a través de la fascia lata hacia la piel de la cara dorsal del muslo (figs. **136** y **173b**).

El **n.ciático** (figs. **135** y **136**) se extiende en la capa conjuntival que separa aductores y flexores, en dirección distal.

Inmediatamente en el borde inferior del m.glúteo mayor y en la entrada de la fosa poplítea yace el nervio relativamente superficial y cerca de la fascia lata. En todo el trayecto restante está cubierto por el fascículo largo del bíceps, el cual le cruza por encima en su trayecto oblicuo, distal y externamente. El n.ciático no está en todo su trayecto acompañado por una arteria. A él se juntan sucesivamente la a. del n.ciático, así como ramificaciones de la rama profunda de la a.circunfleja femoral interna y de las aa.perforantes.

La a.isquiática forma en los no mamíferos la principal arteria de la pierna. Su esbozo también existe en la ontogénesis humana. De su fragmento parcial proximal queda, sin embargo, únicamente la (casi siempre) delgada *a.del nervio ciático* (figs. **135** y **136**). En la obstrucción lenta de la a.femoral, en determinadas circunstancias puede desarrollarse una circulación colateral entre las aa.pélvicas y la a.poplítea, el segmento distal de la a.isquiática embrionaria. La formación de anastomosis es facilitada cuando la a.isquiática involucionó sólo de manera incompleta.

El n.isquiático o ciático (figs. **135** y **136**), dentro de su vaina conjuntival está ya dividido a la salida del agujero sacrociático mayor en una porción tibial y otra peroneal. Esta división es externamente visible poco antes de entrar en la fosa poplítea. El componente tibial emite sucesivamente ramos musculares a la porción del m.aductor mayor que se inserta en el epicóndilo interno, al fascículo largo del bíceps y a los mm.semitendinoso y semimembranoso. En el extremo distal del trayecto del muslo del n.ciático, el ramo muscular emite para el fascículo corto del bíceps el componente peroneal o (en caso de división a mayor altura) el n. peroneo común.

2. Articulación de la rodilla

a) Elementos esqueléticos de la pierna

En la articulación de la rodilla, el fémur articula con la tibia. El peroné no está en contacto articular con el fémur. El peroné es esencialmente más delgado que la tibia, está en la parte externa (peroneal) y está unido a este hueso por una membrana interósea crural (figs. **138** y **152**). La importancia del peroné reside en que su extremo distal, junto con el extremo distal de la tibia, constituye la horquilla articular para la articulación tibioperoneo-tarsiana. Por ello, incluso en aquellos animales mamíferos (p. ej. ungulados, murciélagos) en los que el cuerpo del peroné es reducido y también falta la cabeza, el segmento peroneal distal siempre está formado. En el adulto, el eje del cuerpo del fémur forma con el eje longitudinal de la tibia un ángulo abierto hacia fuera (ángulo frontal de la rodilla, tibiofemoral) de unos 175° (fig. **137**) y el eje del cuerpo del fémur con respecto a una horizontal que pase a través de la hendidura articular está inclinado en unos 82°, mientras que el eje de la tibia forma con la horizontal un ángulo de 93°. En estas condiciones normales, la línea de gravedad de la pierna que discurre por el centro de la articulación de la cadera y de la articulación tibioperonea tarsiana, se encuentra en el centro de la articulación de la rodilla (fig. **137**).

Si el ángulo frontal de la rodilla es notablemente menor de 175°, de manera que en la deambulación ambas rodillas se frotan mutuamente, entonces existe una posición en X de las piernas en la articulación de la rodilla, *genu valgum*; en el caso contrario existe una posición en O, *genu varum*. La línea de gravedad en las "rodillas en X" se desvía externamente, en las "rodillas en O" lo hace hacia dentro.

En el genu valgum, el ligamento lateral interno es hiperdistendido y el cartílago en la mitad articular externa es lesionado por la excesiva sobrecarga mecánica. En el genu varum ocurre lo contrario, se afecta el ligamento lateral externo y el cartílago del segmento articular interno es el afectado.

Una ligera posición en O es fisiológica en el recién nacido y en el lactante. Mediante diferente desarrollo longitudinal en las líneas epifisarias, este genu varum fisiológico se transforma en el niño pequeño en un leve genu valgum (en el niño de 5 años el ángulo frontal de la rodilla es de 170°). La línea de gravedad de la pierna al comienzo de la pubertad regresa al centro de la articulación de la rodilla.

La **tibia** (fig. **138**) consta de un cuerpo fuerte, triangular en corte transverso, un ancho extremo proximal que lleva los dos *cóndilos interno y externo* (fig. **139**), y un extremo distal que forma el *maléolo interno* y una parte de la horquilla articular.
En el *cuerpo de la tibia* distinguimos la *cresta tibial* aguda, inmediatamente debajo de la piel, la *cresta interósea* dirigida externamente, en la que está fijada la membrana interósea, y la redondeada *cresta interna*. La cresta tibial es más ancha en la parte proximal y termina en una tuberosi-

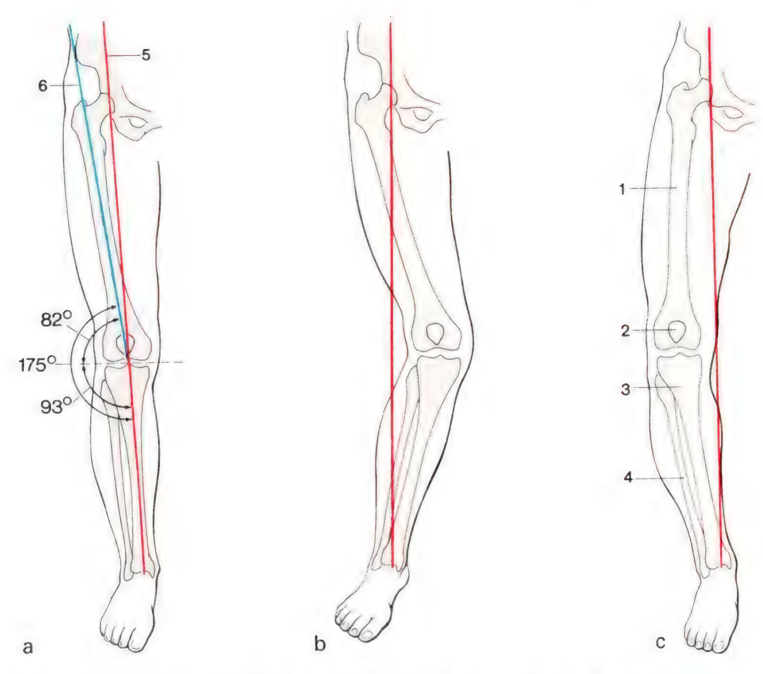


Fig. 137. **Angulo frontal de la rodilla y línea de carga de la pierna.** ——
a Condiciones normales
b Genu valgum
c Genu varum
1 Fémur
2 Rótula
3 Tibia
4 Peroné
5 Línea de carga
6 Eje del fémur

dad ósea, la tuberosidad tibial, en la que se inserta el lig. rotuliano (la tuberosidad de la tibia transmite en las rodillas una parte esencial de la presión ejercida por la carga corporal sobre el suelo. La eminencia ósea es protegida por una bolsa subcutánea de la tuberosidad tibial).

Las tres crestas de la tibia delimitan una *cara interna*, que no está cubierta por músculo y que yace inmediatamente debajo de la piel, una *cara externa* y una *cara posterior*. En el segmento proximal de la cara posterior existe una guia ósea rugosa de trayecto oblicuo, la *línea del m.sóleo* (fig. **139**), en la que nacen fibras tendinosas del m.sóleo.

La forma triangular del corte horizontal de la tibia está adaptada al especial requerimiento de inflexión de este hueso. La masa principal del hueso se encuentra en la parte posterior del corte transverso, donde también se

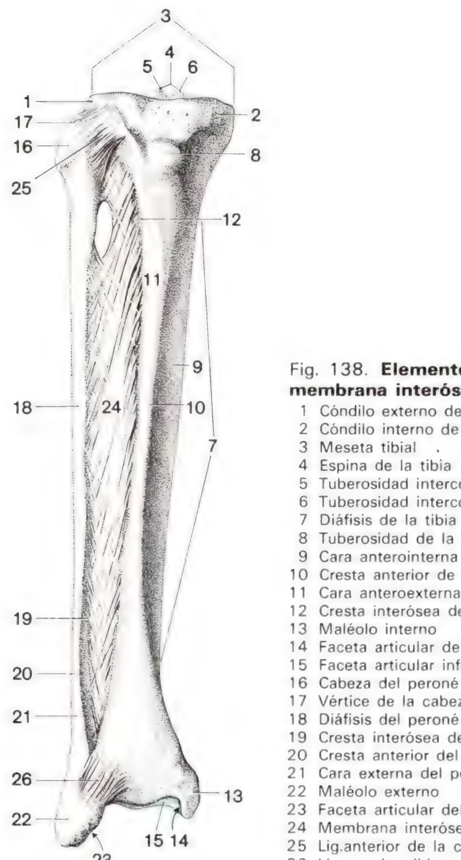


Fig. 138. **Elementos esqueléticos de la pierna y membrana interósea crural.** Vista anterior.
1 Cóndilo externo de la tibia
2 Cóndilo interno de la tibia
3 Meseta tibial
4 Espina de la tibia
5 Tuberosidad intercondílea externa
6 Tuberosidad intercondílea interna
7 Diáfisis de la tibia
8 Tuberosidad de la tibia
9 Cara anterointerna de la tibia
10 Cresta anterior de la tibia
11 Cara anteroexterna de la tibia
12 Cresta interósea de la tibia
13 Maléolo interno
14 Faceta articular del maléolo tibial
15 Faceta articular inferior de la tibia
16 Cabeza del peroné
17 Vértice de la cabeza peroneal
18 Diáfisis del peroné
19 Cresta interósea del peroné
20 Cresta anterior del peroné
21 Cara externa del peroné
22 Maléolo externo
23 Faceta articular del maléolo peroneal
24 Membrana interósea crural
25 Lig.anterior de la cabeza peroneal
26 Lig.anterior tibioperoneo

presentan las mayores fuerzas de presión. Las tensiones de tracción en el vértice del corte triangular son menores, de manera que aquí es suficiente una menor masa ósea para recibir la tensión.
La *superficie proximal* de ambos cóndilos tibiales, la *faceta articular superior (1)* (figs. **139** y **142**), no está situada central en el eje medio del cuerpo de la tibia, sino que está desplazada hacia atrás (fig. **140**). Consta de dos superficies articulares revestidas de cartílago, de las cuales la interna en dirección sagital es algo más amplia que la externa. La zona inter-

(1) N. del T: También llamada platillo tibial.

Fig. 139. **Extremo proximal de la tibia.** Vista posterosuperior.
1 Faceta articular superior de la tibia
2 Cóndilo interno de la tibia
3 Cóndilo externo de la tibia
4 Espina tibial
5 Tuberosidad intercondílea interna
6 Tuberosidad intercondílea externa
7 Area intercondílea anterior
8 Area intercondílea posterior
9 Faceta articular peroneal
10 Línea del m.sóleo
11 Agujero nutricio

media libre de cartílago está dividida por una *eminencia intercondílea* en un *área intercondílea anterior* y un *área intercondílea posterior*. La eminencia intercondílea cursa en dos prominencias, la *tuberosidad intercondílea interna* y la *externa* (fig. **139**). En el área intercondílea anterior se fija el ligamento cruzado anterior, en el área intercondílea posterior el ligamento cruzado posterior. En las superficies externas del cóndilo externo de la tibia se encuentra, algo girada hacia la parte dorsal, la *faceta articular peroneal* (fig. **139**) que se adapta a la correspondiente faceta articular de la cabeza del peroné.

En el recién nacido, la superficie proximal de la tibia está inclinada hacia atrás en unos 25°, *retroversión tibial*. Los lactantes pequeños no pueden por tanto extender totalmente la articulación de la rodilla. En el desarrollo postnatal se va neutralizando la retroversión. En el adulto la retroversión de la superficie proximal de la tibia es solamente de 3-7° (fig. **140**).

El segmento terminal distal de la tibia forma conjuntamente con el peroné la horquilla articular de la articulación tibioperoneotarsiana, la *horquilla maleolar* que abarca la polea astragalina por arriba y lateralmente. El peroné se sitúa en una depresión suave de la tibia, la *hendidura peroneal de la tibia*. La porción interna de la horquilla la forma el *maléolo interno* (fig. **138**). Sobresale claramente hacia la parte interna, y en su cara dirigida hacia la parte externa posee una *faceta articular del maléolo*, revestida de cartílago, que luego pasa a la *faceta articular inferior* de la tibia, de situación horizontal y cóncava en sentido sagital. Dorsalmente, el maléolo interno está excavado por el *surco maleolar* que alberga los tendones de los mm.tibial posterior y flexor largo de los dedos.

En el adulto, el extremo distal de la tibia está girado hacia fuera con respecto al proximal, de manera que el diámetro transversal máximo de los

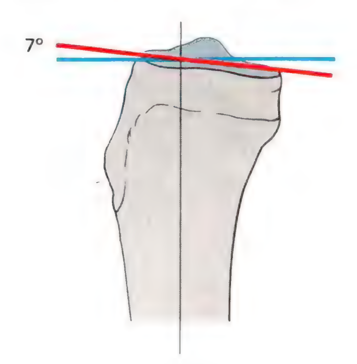


Fig. 140. **Retroversión de la superficie proximal de la tibia.**
Plano horizontal ——
Plano de la faceta articular superior——
Eje medio del cuerpo de la tibia ——

dos extremos tibiales forman entre sí un ángulo variable (por término medio unos 23°), *torsión de la tibia* (fig. **141**), la punta del pie está dirigida algo hacia fuera si el eje horizontal del extremo tibial superior está en situación frontal. Debido a la posición en ángulo de ambos pies (normalmente unos 45°) aumenta la seguridad en la posición de pie.

La torsión de la tibia tiene lugar —a diferencia de la anteversión del fémur— en el período postnatal, en el primer año de vida. En los antropomorfos (y en el feto humano) la tibia está torcida hacia dentro.

El **peroné** (fig. **138**), una varilla ósea delgada, poco flexible, está cubierto casi en toda su extensión por los músculos de la pierna. El cuerpo es cuadrangular en corte transversal. En la *cresta interósea*, de dirección dorsal interna, se fija la membrana interósea.
La *cabeza del peroné* termina en un vértice corto, el *vértice de la cabeza peroneal*, y posee internamente una pequeña *faceta articular de la cabeza del peroné* revestida de cartílago, que se adapta a la correspondiente faceta articular del cóndilo externo de la tibia.

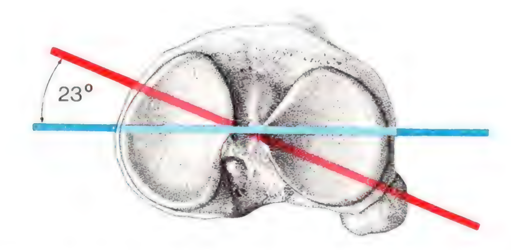


Fig. 141. **Torsión de la tibia en el adulto** (extremo proximal de la tibia derecha proyectado sobre la horquilla maleolar).
Eje transversal de la articulación de la rodilla ——
Eje transversal de la articulación tibioperoneotarsiana ——

El extremo distal del peroné forma el *maléolo externo*, que constituye la púa externa de la horquilla maleolar. Llega distalmente un poco más lejos que el maléolo interno. Su cara interna posee la *faceta articular maleolar*, que se articula con la cara externa del astrágalo, y presenta dorsalmente con respecto a ésta una fosa, la *fosa maleolar externa*, en la que está anclado el ligamento peroneoastragalino posterior. En la cara externa del maléolo externo hay un surco excavado para los tendones de ambos mm.peroneos.

Osificación. El núcleo de osificación en la epífisis proximal de la tibia (fig. **117**), que en aproximadamente el 80 % de los casos se presenta poco antes del nacimiento, es igualmente valorado como "signo de madurez", igual que el centro de osificación en la epífisis distal del fémur.

El núcleo epifisario distal se presenta en la tibia en el 2.º año de vida. La osificación del cuerpo de la tibia comienza en la 7.ª-8.ª semana embrionaria. La línea epifisaria proximal y distal se cierran casi siempre a los 17 (♀) ó 18 (♂) años, aunque las variantes individuales con ± 2-3 años no constituyen ninguna excepción. La tuberosidad de la tibia se osifica (a los 11-13 años) a partir de la epífisis proximal de la tibia en forma de una laminilla ósea parecida a una lengua, o posee un núcleo de osificación propio. La osificación de la zona de fijación del lig.rotuliano puede —ante todo en adolescentes varones— estar alterado (enfermedad de Osgood-Schlatter).

El cuerpo del peroné se osifica sólo poco más tarde que el de la tibia, en la 8.ª semana embrionaria; los núcleos de osificación se presentan en la cabeza del peroné en el 4.º-6.º año de vida, en el maléolo externo al comienzo del 2.º año de vida. El cierre de las líneas epifisarias tiene lugar aproximadamente en el mismo momento que en la tibia.
Tanto en el maléolo interno como en el externo puede presentarse en el vértice un núcleo de osificación adicional entre los 6 y los 12 años.

b) Meniscos, cápsula y aparato ligamentoso de la articulación de la rodilla

En la **articulación de la rodilla**, la articulación más grande del cuerpo humano, son posibles movimientos de flexión y extensión, y con la rodilla flexionada también movimientos de rotación. Formalmente la articulación de la rodilla constituye una combinación de articulación en charnela, gínglimo, y de articulación trocoidea, y es por ello también denominada *trocoginglimo.*

Las superficies revestidas de cartílago de ambos cóndilos femorales se articulan con la faceta articular superior de la tibia. El peroné no interviene en la articulación de la rodilla. Dado que la curvatura de las caras articulares de los cóndilos femorales aumenta de delante hacia atrás, la superficie de asentamiento del fémur es tanto más extensa cuanto mayor es la extensión de la articulación de la rodilla.

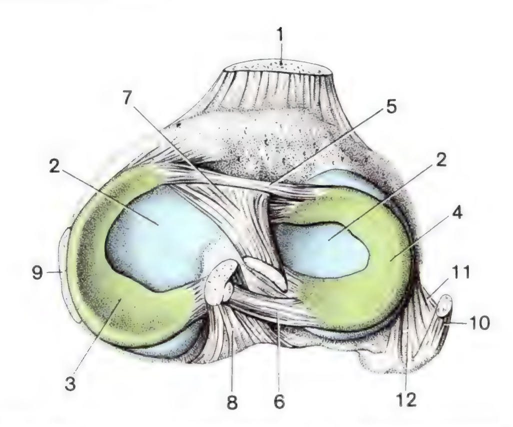


Fig. 142. **Meniscos y aparato ligamentoso de la rodilla derecha.** Vista sobre la faceta articular superior de la tibia.
(La cápsula articular no está representada)

1 Lig.rotuliano
2 Faceta articular superior de la tibia
3 Menisco interno
4 Menisco externo
5 Lig. transverso de la rodilla
6 Lig.meniscofemoral posterior
7 Lig.cruzado anterior
8 Lig.cruzado posterior
9 Lig. lateral interno de la rodilla (mediante la cápsula articular adherida al menisco interno)
10 Lig. lateral externo de la rodilla
11 Lig.anterior de la cabeza peroneal
12 Lig.posterior de la cabeza peroneal

Los *meniscos* son discos deformables en forma de C, constituidos por material similar al del cartílago fibroso. En corte transversal tienen forma de cuña y el borde externo está engrosado y adherido a la cápsula articular. El menisco *externo* forma un anillo casi cerrado. El *menisco interno*, por el contrario, tiene una forma más semilunar (fig. **142**). Ambos meniscos están fijados con su borde anterior al área intercondílea anterior, con su extremo posterior al área intercondílea posterior. Las zonas de inserción de ambos extremos del menisco interno están más alejadas entre sí y comprenden entre ellas las zonas de adherencia vecinas del menisco externo.

En el borde anterior, ambos meniscos están unidos por un *ligamento transverso de la rodilla* (fig. **142** y **144**). En el extremo posterior del menisco externo existe un potente ligamento procedente del lig.cruzado posterior, el lig.meniscofemoral posterior (fig. **142** y **143**).

En los movimientos de la articulación de la rodilla, los meniscos, con sus superficies libres, son desplazados sobre la faceta articular superior de la tibia. Constituyen "acetábulos transportables" para los cóndilos del fémur y reparten la presión circunscrita a las superficies articulares más extensas de los cóndilos tibiales. Los meniscos dividen incompletamente la articulación de la rodilla en una "articulación meniscofemoral" (superior) y una "articulación meniscotibial" (inferior).

El ligamento lateral interno está implantado en la cápsula articular y con ello está también unido con el menisco interno (fig. **144**). Las posibilidades de excursión del menisco interno están por tanto mucho más limitadas que las del externo.

Por los motivos mencionados, una lesión del menisco afecta con mucha más frecuencia al menisco interno. Ante todo en la flexión máxima y simultánea rotación externa de la pierna puede producirse rotura o desgarro en el borde semilunar anterior más débil del menisco interno, menos móvil (lesión deportiva frecuente).

Después de la extirpación quirúrgica de un menisco, la capacidad de la articulación de la rodilla queda disminuida. Con el correspondiente tratamiento gimnástico casi siempre se consigue la restitución del menisco interarticular y la total recuperación funcional.

La *cápsula articular* se une a la tibia a lo largo del límite óseo-cartilaginoso. En el fémur, la línea de inserción de la capa interna no coincide en su mayor parte con la fijación de la capa fibrosa externa. La capa interna articular yace sobre la cara anterior del fémur, proximal respecto a la faceta rotuliana, casi siempre con una anchura de un través de dedo ("receso suprarrotuliano") y está unida al hueso por medio de tejido conjuntivo desplazable (fig. **143**). La zona de plicatura está a una altura individualmente variable en el cuarto distal del cuerpo del fémur. A los lados la línea de inserción deja los epicóndilos libres y sigue en la cara dorsal el límite óseo-cartilaginoso. La capa articular interna se invagina aquí en la fosa intercondílea y envuelve los ligamentos cruzados por delante y por los lados. En la cara ventral la rótula limita directamente con la cavidad articular mediante su faceta articular revestida de cartílago.
Distalmente a la rótula, la membrana interna articular es separada por un cuerpo adiposo en forma de cuña, el *cuerpo adiposo infrarrotuliano* (fig. **143**), de la capa fibrosa aquí formada por el lig.rotuliano y la aleta rotuliana, y se invagina hacia el interior de la articulación. El cuerpo adiposo abarca el borde inferior de la rótula y se desliza con dos pliegues, los *pliegues alares*, en las dos depresiones que están limitadas respectivamente por las caras internas de los cóndilos del fémur, por los meniscos y la rótula, y separadas entre sí por los ligamentos cruzados. Como formación residual de un tabique embrionario mediano anterior claramente desarrollado, un pliegue estrecho cubierto por la membrana interna articular, el *pliegue sinovial infrarrotuliano* (fig. **143**), se extiende desde el cuerpo adiposo a los ligamentos cruzados. El cuerpo graso forma una masa de relleno moldeable que rellena un espacio de diversa configuración según la posición articular, el cual se origina por la variación posicional de los extremos articulares y de los meniscos. Dado que en la flexión la línea articular se abre ampliamente por delante, la presión del aire comprime el cuerpo adiposo profundamente en el interior de la articulación, y la piel se hunde algo a ambos lados de la rótula. Con la pierna en extensión el cuerpo adiposo abomba la piel hacia ambos lados del ligamento rotuliano.

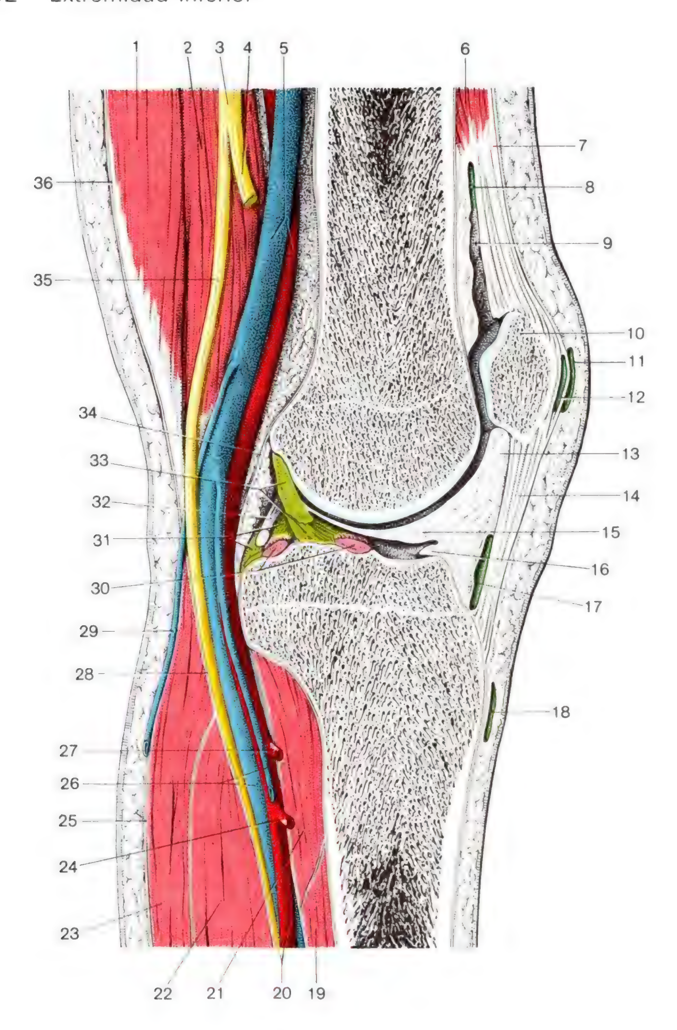


Fig. 143. **Corte sagital a través de la articulación de la rodilla derecha en la zona del cóndilo externo del fémur**. Vista de la superficie de corte desde la parte externa.
Preparación de los músculos, vasos y nervios en la fosa poplítea (los ramos vasculares y nerviosos de la fosa poplítea no han sido dibujados)

Debido a la extensión y a las numerosas depresiones de la cavidad articular, la articulación de la rodilla está especialmente expuesta a las inflamaciones. Como consecuencia de la gran superficie de la membrana sinovial, la circulación sanguínea puede recoger rápidamente gérmenes patológicos y toxinas bacterianas.

La pared anterior de la cápsula está reforzada por ligamentos que directa o indirectamente están relacionados con el cuadro tendinoso del m.cuadríceps femoral: lig.rotuliano y aletas ligamentosas de la rótula. El *lig.rotuliano* (figs. **129, 142** y **143**) constituye el tendón terminal del m.cuadríceps femoral y une la rótula, implantada como hueso sesamoideo en el tendón del cuadríceps, con la tuberosidad de la tibia. Fibras superficiales del cuadro tendinoso se dirigen más allá de la rótula y penetran en el ligamento. Las *aletas ligamentosas de la rótula* (figs. **129** y **144**) se extienden como ligamentos anchos, sólo bien delimitables artificialmente, desde ambos lados de la rótula del cuadro tendinoso del tendón del cuadríceps hasta la tibia. Hasta cierto límite pueden transmitir a la tibia la tracción del m.cuadríceps femoral, aun en el caso en que, debido a una fractura horizontal de la rótula, el propio tendón terminal del músculo esté interrumpido: aparato extensor de reserva de la tibia.

La *aleta ligamentosa externa de la rótula* es reforzada por fibras procedentes del tracto iliotibial. Las fibras longitudinales superficiales de las aletas sólo actúan en contra de una luxación de la rótula cuando está contraído el m.cuadríceps femoral. Fibras profundas que van de los epicóndilos femorales por el borde lateral de la rótula, guían la rótula como dos riendas. Una luxación sólo es posible cuando se produce el desgarro de una rienda. En una fractura transversal de la rótula, la tracción transmitida por las aletas facilita la marcha sobre un suelo plano. Para la marcha en terrenos ascendentes o para subir escaleras, la fuerza extensora transmitida no es suficiente, ya que no es capaz de transportar el peso corporal.

◄ 1 M.semitendinoso
2 M.semimembranoso
3 N.ciático
4 N.peroneo común, seccionado
5 A. y v.poplítea
6 Cuadríceps femoral
7 Tendón del m.cuadríceps femoral
8 Bolsa suprarrotuliana
9 Receso suprarrotuliano
10 Rótula
11 Bolsa subcutánea prerrotuliana
12 Bolsa subfascial prerrotuliana
13 Cuerpo adiposo infrarrotuliano
14 Lig.rotuliano
15 Pliegue sinovial infrarrotuliano
16 Pliegues alares
17 Bolsa infrarrotuliana profunda
18 Bolsa subcutánea de la tuberosidad de la tibia
19 M.tibial posterior (superficie de corte)
20 A.tibial posterior y n.tibial
21 M.poplíteo (superficie de corte)
22 M.sóleo (superficie de corte)
23 M.gemelo interno (superficie de corte)
24 A.peronea, seccionada
25 Fascia crural (borde de sección)
26 Vv.tibiales posteriores
27 A.tibial anterior, seccionada
28 "Lámina profunda" de la fascia crural (borde de sección)
29 V.safena externa
30 Menisco externo, seccionado cerca de la fijación
31 Lig.cruzado posterior
32 Lig.meniscofemoral posterior
33 Lig.cruzado anterior (en parte superficie de corte, en parte visión general, extirpada la membrana sinovial)
34 Membrana fibrosa de la pared capsular posterior (el tejido conjuntivo, que se desliza hacia la parte ventral contra los ligamentos cruzados, está extirpado en su mayor parte)
35 N.tibial
36 Fascia lata (borde de sección)

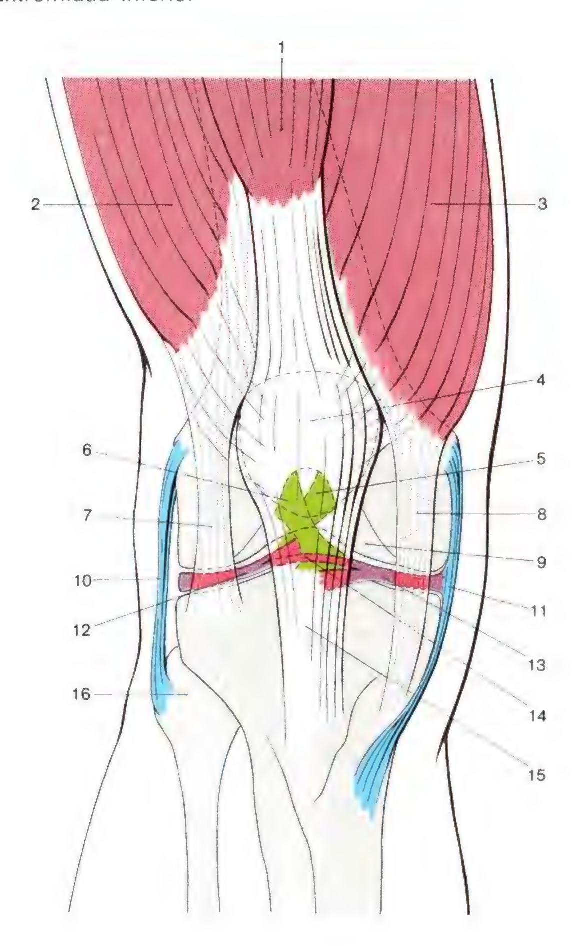


Fig. 144. **Articulación de la rodilla derecha.** Vista anterior.
(Cápsula articular no representada, elementos estructurales parcialmente imaginados como transparentes)

1 M.recto anterior
2 M.vasto externo
3 M.vasto interno
4 Rótula
5 Lig.cruzado posterior
6 Lig.cruzado anterior
7 Aleta ligamentosa externa de la rótula
8 Aleta ligamentosa interna de la rótula
9 Faceta rotuliana femoral
10 Lig.lateral externo
11 Lig.lateral interno
12 Menisco externo
13 Menisco interno
14 Lig.transverso de la rodilla
15 Lig.rotuliano
16 Cabeza del peroné

La *pared posterior de la cápsula* de la articulación de la rodilla es reforzada y protegida frente a un enclavamiento por los haces tendinosos procedentes de los mm.semimembranoso, poplíteo y por ligamentos de la articulación tibioperoneal que desde la parte externa penetran en la cápsula articular. Merecen especial mención el *lig.poplíteo oblicuo* (fig. **146**), un cordón procedente del tendón terminal del m.semimembranoso, que en la pared capsular posterior se dirige oblicuamente hacia arriba en dirección hacia el cóndilo externo del fémur, y el *lig.poplíteo arqueado*, que discurre en ángulo recto con respecto al anterior, emite pequeños fascículos al tendón de origen del m.popliteo y puede continuarse hasta la cabeza del peroné.

Ligamentos. Para la realización de movimientos en la articulación de la rodilla, los ligamentos desempeñan un papel mucho más importante que en cualquier otra articulación del cuerpo humano puesto que faltan la conducción ósea y muscular. Las luxaciones de la articulación de la rodilla, aunque son extraordinariamente raras teniendo en cuenta el fuerte aparato ligamentoso, no obstante, en caso de requerimiento patológico de los ligamentos las lesiones de los mismos, no son demasiado raras. Se distinguen ligamentos externos y ligamentos internos de la articulación de la rodilla.
Los *ligamentos internos* son representados por los *ligamentos cruzados*, que desde la pared capsular posterior se han introducido en la cavidad articular. Su situación es extracapsular, pero en la parte anterior y lateralmente sólo están separados de la cavidad articular por la membrana sinovial que los cubre.
El *ligamento cruzado anterior* (figs. **142-144**) se extiende desde la cara interna del cóndilo externo al área intercondílea posterior. El *ligamento cruzado posterior* (figs. **142-144**) se extiende desde la cara externa del cóndilo femoral interno al área intercondílea posterior. El ligamento cruzado anterior discurre, por tanto, oblicuamente desde la parte anterior, inferior e interna hacia la posterior, superior y externa; el ligamento cruzado posterior, al contrario, discurre desde la parte posterior, inferior y externa hacia la parte anterior, superior e interna.

Los dos ligamentos cruzados salen de la tibia en planos frontales. El lig.cruzado anterior se enlaza de tal manera que las fibras originariamente peroneales se insertan alejadas al máximo en la parte dorsal del fémur (extendido), mientras que en el lig.cruzado posterior están adheridas en la parte ventral más lejana, en la cara externa del cóndilo femoral interno.

Los ligamentos cruzados aseguran el contacto articular de fémur y tibia y evitan el deslizamiento de los cóndilos femorales de la superficie articular de la cabeza de la tibia. Con la articulación de la rodilla flexionada hacen imposible la abducción, y con la rodilla en extensión actúan conjuntamente con los ligamentos laterales, oponiéndose a una hiperextensión. En cada una de las posiciones de la articulación de la rodilla están tensados parte de los ligamentos cruzados (en la extensión, las porciones tibiales de

ambos ligamentos cruzados, en la flexión la porción peroneal del fascículo anterior y el tibial del ligamento cruzado posterior). En la rotación externa se deshacen de nuevo. Sin embargo, normalmente no se consigue una posición paralela de los ligamentos cruzados, ya que el ligamento lateral interno no permite una rotación externa tan extensa.

En el desgarro de los ligamentos cruzados —su fijación es desgarrada de la cabeza de la tibia, casi siempre conjuntamente con la eminencia intercondílea— con la rodilla flexionada la tibia puede ser desplazada contra el fémur adelante y atrás: fenómeno del cajón.

De los *ligamentos externos* de la articulación de la rodilla, los *ligamentos colaterales* en el lado externo e interno de la articulación, el *ligamento rotuliano* y las *aletas ligamentosas* en la cara anterior, así como el ligamento poplíteo oblicuo y el poplíteo arqueado en la cápsula posterior, están dispuestos como ligamentos de refuerzo.
El ligamento lateral (externo), *lig.colateral peroneal* (figs. **142** y **144**), se extiende a cierta distancia de la cápsula articular, como cordón cilíndrico desde el epicóndilo externo del fémur a la cabeza del peroné. A través de la hendidura entre cápsula articular y ligamento discurre el tendón del m.popliteo y un cordón fibroso separado del tendón del m.bíceps femoral, que se inserta en el cóndilo externo de la tibia.
El ligamento lateral (interno), *lig.colateral tibial* (figs. **142** y **144**), está fusionado con la cápsula articular y, por medio de ella, con el menisco interno. El ligamento de superficie ancha se origina con una porción anterior en el epicóndilo interno del fémur, y con un componente posterior más corto en el lado interno del cóndilo interno. Los fascículos dorsales cortos van al menisco interno (haces del menisco); la parte principal del ligamento lateral interno cursa por la cara interna del extremo proximal de la tibia (haces tibiales), con lo que recubre los fascículos tendinosos del m.semimembranoso que van a la tibia. Dado que los haces anteriores están fijados en el fémur más proximalmente que la porción posterior, el ligamento lateral tibial, desplegado en la posición de extensión, es acortado en la flexión de la articulación de la rodilla y torsionado sobre sí mismo (fig. **145**). Con la rodilla extendida, el ligamento colateral tibial se dirige algo oblicuamente de atrás hacia adelante y de arriba abajo; el ligamento lateral peroneal, al contrario, va de delante hacia atrás y de arriba abajo. Los ligamentos laterales sostienen firmemente la rodilla en la posición de extensión e impiden la abducción y aducción. Con la articulación de la rodilla en flexión sólo está tensada la porción posterior del ligamento colateral tibial; por lo tanto, es posible una rotación voluntaria. Sin embargo, dado que el ligamento lateral interno no es relajado totalmente y que el menisco interno está fusionado con él, la movilidad del cóndilo interno está más limitada que la del externo. Por ello, el eje de rotación está algo desplazado hacia dentro.

En el desgarro del ligamento lateral (de manera predominante se afecta el lig.colateral interno), la pierna puede ser abducida hacia el lado sano (muy

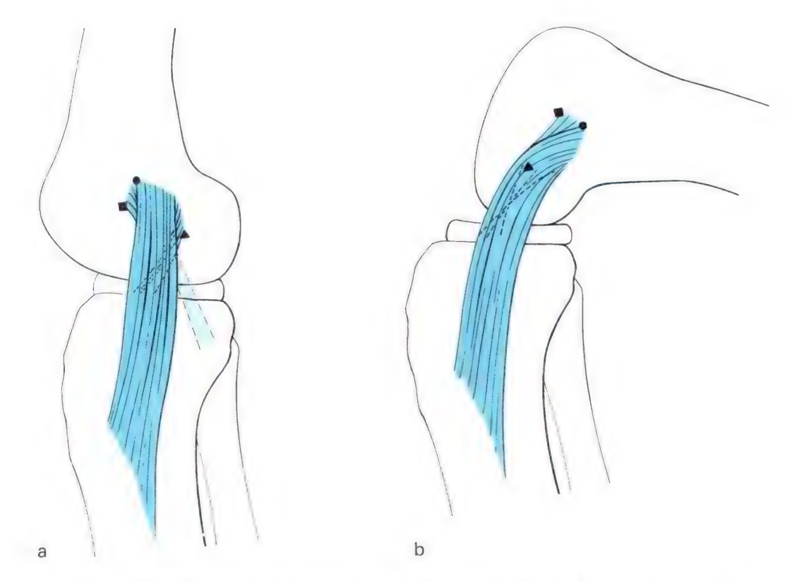


Fig. 145. **Ligamento lateral interno de la articulación de la rodilla derecha.**
a En posición de extensión, ligamento lateral externo dibujado transparente
b Enrollamiento del ligamento colateral tibial en posición de flexión
(Las localizaciones idénticas de fijación del ligamento lateral interno están marcadas igual en ambas figuras)

dolorosa). En la imagen radiológica se abre la hendidura articular en el lado enfermo. Ligamentos laterales hiperdistendidos (p. ej. como consecuencia de un exudado persistente o de un vendaje en extensión de más de una semana) permiten igualmente movimientos anormales de la articulación de la rodilla: rodilla movible.

La *irrigación arterial de la articulación de la rodilla* tiene lugar mediante una red de mallas estrechas, la *red articular de la rodilla*, que rodea la cápsula de la articulación de la rodilla. Es alimentada por ramas de las aa.femoral, poplítea, tibial anterior y tibial posterior.
Inervación de la cápsula articular. Los ramos nerviosos para la articulación de la rodilla proceden del n.tibial (y discurren en la a.superior interna de la rodilla, inferior interna y a.media de la rodilla), del n.peroneo común (conjuntamente con las aa.superior externa e inferior externa de la rodilla) y del n.safeno (conjuntamente con la a.descendente de la rodilla) o del n.obturador.

La posición de reposo de la articulación de la rodilla consiste en una leve flexión (unos 25°), como la que se consigue en el individuo en decúbito supino al colocar un rollo debajo de la rodilla. En esta posición están relajadas todas las partes capsulares, los extensores (por la ligera flexión en la articulación de

la cadera) y los flexores (por la flexión en la articulación de la rodilla). La posición normal de la articulación de la rodilla es, no obstante, la posición de extensión. En un exudado articular, la rodilla se mantiene ligeramente flexionada (posición de relajación); la cápsula articular está abombada por encima y a los lados de la rótula. La rótula, debido a la colección líquida en la cavidad articular es levantada de su suelo. Si se comprime de modo alternante sobre la rótula y se suelta de nuevo, entonces la rótula "baila". Por el contrario, en un exudado en una bolsa sinovial prerrotuliana no se modifica su situación.

Las posibilidades de movimiento en la articulación de la rodilla consisten
- *a partir de la posición normal* (=extensión) *para la flexión* en torno a ejes aproximadamente frontales
- *con flexión progresiva* en la articulación de la rodilla para la *rotación interna* y *externa* de la tibia (o con el pie bien asentado para la rotación externa e interna del fémur) en torno a un eje longitudinal de la pierna que discurre por el cóndilo interno de la tibia.

La flexión activa es posible en unos 130°; después, los flexores de la articulación son insuficientes activos (fig. **17c**). Pasivamente, la rodilla es flexionable por término medio en 155° antes de que una limitación de partes blandas termine el movimiento. En la flexión son tensados ante todo los ligamentos cruzados.

Durante la primera fase del movimiento de flexión (hasta 20°) se desenrollan los cóndilos del fémur, con lo que el eje es desviado hacia atrás. La parte principal del movimiento se realiza seguidamente como acompañante de giro de los cóndilos femorales en la misma localización, ya que los ligamentos cruzados impiden un ulterior desenrollamiento de los cóndilos. El menisco interno, y ante todo el externo, son desplazados hacia atrás en la flexión; en la extensión se desplazan hacia adelante.

La *extensión* de la articulación de la rodilla es frenada por la tensión de los ligamentos colaterales y por partes de los ligamentos cruzados. Una hiperextensión digna de ser citada, en condiciones fisiológicas sólo es posible en el niño (forma redondeada de los cóndilos). Si la articulación de la rodilla está extendida hasta 170°, entonces tiene lugar forzosamente una rotación externa de la tibia en unos 5° (o una rotación interna del fémur con el pie asentado firmemente), antes de que el movimiento de extensión se realice hasta su fin (extensión ulterior alrededor de 10° sobre 180°). En esta llamada *rotación final*, los ligamentos cruzados se separan algo entre sí, de manera que permiten una ulterior extensión. En la flexión de la articulación de la rodilla, a partir de la posición de extensión, esta rotación se hace nuevamente retrógrada.

Con la rodilla flexionada fuertemente, la rótula yace sobre la faceta rotuliana del fémur; en la extensión es desplazada varios centímetros en sentido proximal y limita con la bolsa suprarrotuliana.

La rotación interna y externa voluntaria de la tibia tiene lugar en esencia en la hendidura articular entre el menisco y la faceta articular superior de

la tibia. La amplitud del movimiento es tanto mayor cuanto más intensa es la flexión de la articulación de la rodilla. En una posición de flexión de 90°, la rotación interna de la pierna es posible hasta aproximadamente 10° y es limitada por los ligamentos cruzados. La amplitud de la rotación externa puede ser de más de 40° y es limitada por la tensión de ambos ligamentos laterales (ante todo del interno).

En la rotación externa, el cóndilo externo de la tibia es llevado hacia atrás; en la rotación interna es el cóndilo interno. Los meniscos son desplazados respectivamente en dirección opuesta, con lo que el menisco externo, más móvil, recorre el mayor trayecto y simultáneamente modifica su forma. Debido a la posibilidad de la rotación voluntaria de la pierna, se amplía el espacio de circulación del pie en la marcha (p. ej., en un suelo no plano o en un suelo pedregoso).

Bolsa sinovial. En la cercanía de la articulación de la rodilla hay numerosas bolsas sinoviales que evitan que los tendones que pasan por la articulación rocen el hueso subyacente y protegen a las partes prominentes del hueso frente a una posible presión localizada o a un rozamiento. Como hendidura de deslizamiento para el tendón del cuadríceps, proximalmente a la rótula se encuentra la *bolsa suprarrotuliana* (fig. **143**), que, casi siempre más o menos extendida, está en conexión con el segmento proximal de la cavidad articular ("receso suprarrotuliano"). Distalmente con respecto a la rótula, la *bolsa infrarrotuliana profunda* (fig. **143**), situada encima de la tuberosidad tibial, facilita un deslizamiento sin rozamientos del ligamento rotuliano. Esta bolsa sinovial comunica raramente con el espacio articular.

En la pared posterior de la cápsula, el receso subpoplíteo, situado debajo del tendón de origen del m.poplíteo, está constantemente en conexión con la cavidad articular, y muchas veces también con la hendidura articular de la articulación tibioperonea. También la *bola del m.semimembranoso* y la *bolsa subtendinosa del m.gemelo interno* (fig. **146**) comunican frecuentemente con la articulación. En cambio, las restantes bolsas sinoviales (debajo de los tendones de los mm.gastronemio externo, bíceps femoral y sartorio, y debajo del "pie de ganso"), al igual que la *bolsa prerrotuliana* (fig. **143**), subcutánea, subfascial o subtendinosa, no guardan ninguna conexión con la cavidad articular.

c) Acción de los músculos y grupos musculares sobre la articulación de la rodilla

La capacidad de trabajo de los extensores de la articulación de la rodilla supera a la de los flexores en aproximadamente el triple. Al subir escaleras, el m.cuadríceps femoral no sólo debe mover casi todo el peso del cuerpo, sino que también en el caso de la articulación de la rodilla flexionada debe frenar en el momento adecuado y fijar la posición deseada (flexión de la rodilla). Al incorporarse desde la posición sentada, al enderezar el cuerpo desde la posición en decúbito o en cuclillas, otro músculo puede sustituir el m.cuadríceps femoral.

En la articulación de la rodilla

– *flexionan* los músculos isquiocrurales (mm.semimembranoso, semitendinoso y bíceps femoral).

en lo que son ayudados por los mm.recto interno, sartorio, poplíteo y gemelos.

– *se extiende* el m.cuadríceps femoral,

en lo que la protección que recibe de las fibras tendinosas del m.tensor de la fascia lata que penetran en la aleta ligamentosa de la rótula apenas tiene importancia.

– *giran* (con la pierna en flexión) hacia dentro de la tibia los mm.semimembranoso, semitendinoso y poplíteo,

en lo que pueden ayudar los mm.recto interno y sartorio, así como el gemelo externo,

– *gira* (con la pierna flexionada) hacia fuera de la tibia, ante todo, el m.bíceps femoral,

mientras que la acción del m.tensor de la fascia lata y del gemelo interno es limitada.

La posibilidad de trabajo de la musculatura isquiocrural, prescindiendo del fascículo corto, del bíceps, es aumentada mediante flexión simultánea en la articulación de la cadera. Con la articulación de la cadera en extensión, aumenta el momento de giro de estos músculos hasta la flexión en ángulo recto de la articulación de la rodilla, desciende entonces rápidamente y se agota con una flexión por encima de 130°.
El *m.semimembranoso* es el flexor más potente de la articulación de la rodilla y también el rotador interno más eficaz. El *m.bíceps femoral* actúa, con la articulación de la rodilla flexionada, como rotador externo de la pierna. Su posible capacidad de trabajo es casi tan grande como la de los numerosos rotadores internos.
La posibilidad de acción del *m.recto femoral*, biarticular, sobre la articulación de la rodilla, alcanza su máximo con la articulación de la cadera en extensión, pero es ampliamente superada por la posibilidad de acción de los mm.vastos. La tracción lateral que acompaña la contracción del m.vasto externo es compensada por la tracción horizontal del m.vasto interno y la tracción del sistema de la membrana vastoaductora. Además, la mayor elevación del cóndilo femoral externo se opone a una luxación de la rótula hacia fuera. En la flexión de la rodilla, la función de paro de la misma corresponde ante todo a los músculos vastos. Al mismo tiempo constituyen un cinturón de tracción para el fémur, que reduce notablemente el requerimiento de flexión a que es sometido este hueso por la carga corporal.

Parálisis. En una parálisis de la *musculatura isquiocrural*, la articulación de la rodilla ya no puede ser flexionada con fuerza. La punta del pie de la pierna libre, en el lado paralizado, no puede ser elevada suficientemente del suelo y se arrastra. Simultáneamente, falta la acción extensora de este músculo sobre la articulación de la cadera. El enfermo intenta, por tanto, andar lo más incorporado posible, es decir, desplazar el peso de gravedad del cuerpo hacia atrás con el fin de no caer hacia adelante.

En la parálisis del *m.cuadríceps femoral* es imposible una extensión activa en la articulación de la rodilla. El paciente, en caso de parálisis unilateral, casi nunca puede levantarse sin ayuda de la posición de asiento, y en la parálisis bilateral le es imposible incorporarse. Pero puede sostenerse sobre la pierna paralizada, siempre y cuando la línea de gravedad del cuerpo caiga delante del eje transverso flexión-extensión. Si desplaza hacia atrás el punto de gravedad del cuerpo con respecto a este eje, se dobla la pierna en la articulación de la rodilla. En la deambulación, la pierna de la extremidad libre paralizada es extendida con ayuda de la gravedad y de la fuerza centrífuga, y sólo en un tramo limitado llevada hacia adelante, de manera que sólo son posibles pasos cortos. En la parálisis bilateral, un enfermo no puede sentarse lentamente o permanecer con la rodilla flexionada.

3. Fosa poplítea

Se entiende por **fosa poplítea** el área de la cara dorsal de la articulación de la rodilla (fig. **146**) que, con la rodilla flexionada, queda deprimida en forma de rombo y es delimitada por prominencias musculares. El rombo muscular es limitado proximalmente en el lado externo por el m.bíceps femoral, por dentro por el m.semimembranoso y el m.semitendinoso suprayacente dorsalmente al anterior. En la zona distal (así como en el borde externo del m.plantar) los dos gemelos cierran la fosa poplítea.

En dirección longitudinal la fosa poplítea se extiende desde la cara dorsal del fémur hasta la cara posterior de la tibia, proximalmente del origen del m.sóleo. En el departamento superior y en el medio, el fondo de la fosa poplítea está formado por la faceta poplítea del fémur y por la pared capsular de la articulación de la rodilla con sus ligamentos de refuerzo. La capa inferior de la fosa poplítea no es accesible hasta que no se han separado artificialmente dos gemelos. En el fondo (con el individuo de pie en la pared anterior) de este compartimiento distal están el m.poplíteo y la fascia muscular que lo recubre.

El espacio circunscrito por el rombo muscular de la fosa poplítea es rellenado por un cuerpo adiposo deformable. El cierre superficial de este espacio de tejido conjuntivo tiene lugar por medio del segmento parcial distal de la fascia lata, también conocido por "fascia poplítea". Este segmento de la fascia del muslo, resistente, predominantemente de fibras transversales, que con la articulación de la rodilla extendida es tensado fuertemente y que es abombado por el cuerpo adiposo, separa la piel y el subcutis de la fosa poplítea del espacio profundo de tejido conjuntivo y se continúa hacia la parte ventral en la vaina fasciática de la articulación de la rodilla y hacia la parte distal en la fascia de la pierna.

El eje corto transverso del rombo de la fosa poplítea se encuentra en posición algo proximal de la línea intercondílea; el vértice del segmento distal del rombo limitado por el eje transverso (triángulo de los músculos de la pantorrilla), con la pierna

extendida y los fascículos del gastrocnemio no separados artificialmente, se encuentra a nivel de la hendidura de la fosa poplítea.

En el espacio de tejido conjuntivo de la fosa poplítea discurren las grandes vías de conducción que unen el muslo con la pierna (n.peroneo común, n.tibial, unidos de manera laxa con el cordón vascular formado a partir de los vasos poplíteos y vasos linfáticos profundos), así como en situación subfascial vasos y nervios más pequeños a la piel de la pierna y pie

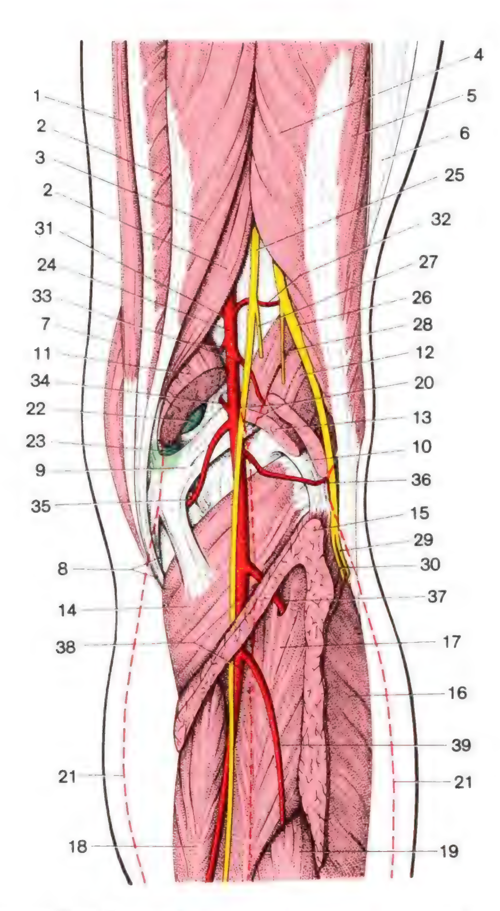


Fig. 146. **Fosa poplítea derecha, músculos, arterias y nervios** (las ramas musculares de las arterias y nervios no están representadas).

(v.safena menor, vasos linfáticos superficiales, n.cutáneo sural interno y externo).

El tejido conjuntivo en la fosa poplítea por la parte proximal está en conexión a través del hiato tendineo (aductor) con la zona de tejido conjuntivo en la parte de flexión del muslo y se continúa distalmente por debajo del arco tendíneo del m.sóleo en la capa de tejido conjuntivo entre los músculos de la pantorrilla y los flexores profundos de la pierna. Los procesos inflamatorios pueden extenderse rápidamente por estas vías conjuntivales, los abscesos pueden descender sin obstáculos sin que ello sea reconocible externamente debido a la rigidez de la fascia de la fosa poplítea.

Vasos y nervios en la fosa poplítea

Las grandes vías de conducción pasan a través del cuerpo graso de la fosa poplítea (fig. **146**). El n.tibial (en el centro) Y el n.peroneo común (en el borde externo) yacen superficialmente (fig. **143**), con lo que el n.peroneo común en sentido distal se acerca progresivamente a la fosa poplítea. El nervio tibial que transcurre por el eje longitudinal del rombo de la fosa poplítea es poco a poco cruzado por debajo por los vasos poplíteos encerrados en una vaina vascular de tejido conjuntivo, de manera que en la salida de la fosa poplítea alcanza (figs. **146** y **147**) a la cara dorsal interna de los vasos. El nervio está unido con la resistente vaina vascular de los vasos poplíteos por medio de tejido conjuntivo laxo y forma un cordón vásculo-nervioso. La *a.poplítea* es la situada más profundamente (fig. **143**). Está separada de la faceta poplítea del fémur por una almohadilla grasa laxa, mientras que se aproxima mucho a la pared posterior de la cápsula de la articulación de la rodilla. Dos venas satélites flanquean —como continuación proximal de las vv.tibiales anteriores y posteriores— en el compartimiento distal de la fosa poplítea, la arteria de la fosa poplítea por ambos lados, y se unen a una altura variable en una singular *v.poplítea*

◄ 1 M.recto interno
2 M.semimembranoso
3 M.semitendinoso
4 Fascículo largo } del m.bíceps
5 Fascículo corto } femoral
6 Tracto iliotibial
7 M.sartorio
8 "Pata de ganso" superficial
9 Lig.poplíteo oblicuo
10 Lig.poplíteo arqueado
11 Gemelo interno } del m. gastrochemio
12 Gemelo externo }
13 M.plantar delgado
14 M.poplíteo
15 M.sóleo (seccionado cerca del origen)
16 M.peroneo lateral largo
17 M.tibial posterior
18 M.flexor largo de los dedos
19 M.flexor largo del dedo gordo
20 Delimitación distal del rombo de la fosa poplítea
21 Línea marginal externa del m.tríceps femoral
22 Bolsa subtendinosa del m.gemelo interno
23 Bolsa del m.semimembranoso
24 A.poplítea
25 N.tibial
26 N.peroneo común
27 N.femorocutáneo interno
28 N.femorocutáneo externo
29 N.peroneo profundo
30 N.peroneo superficial
31 A.superior interna de la rodilla
32 A.superior externa de la rodilla
33 Aa.surales (femorales)
34 A.media de la rodilla
35 A.inferior interna de la rodilla
36 A.inferior externa de la rodilla
37 A.tibial anterior
38 A.tibial posterior
39 A.peronea

(fig. **143**). Discurre –inicialmente entre arteria y nervio, posteriormente proximal en la cara dorsal de la a.poplítea– hacia la hendidura de los aductores.

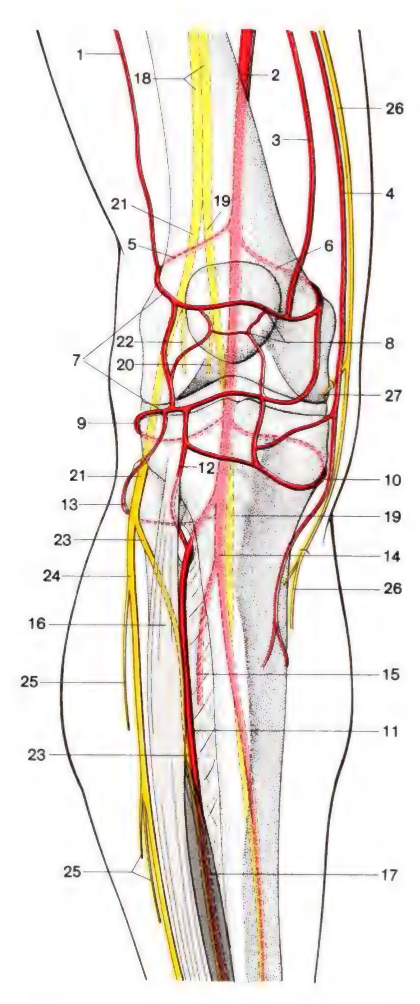


Fig. 147. **Arterias y nervios en la zona de la articulación de la rodilla**. Vista anterior.
(Nervios cutáneos y a.peronea seccionada, a.media de la rodilla y ramas musculares de las arterias no representadas)

La sucesión de las vías de conducción en el cordón vásculo-nervioso desde la parte externa a la interna en el compartimiento medio de la fosa poplítea se puede retener con facilidad mediante la abreviatura: NeVA.

Mediante la flexión extrema de la articulación de la rodilla, la corriente sanguínea puede estrangularse, pero no interrumpirse totalmente. Dado que el cuerpo adiposo no puede proteger suficientemente el vaso, en las fracturas supracondíleas del cuerpo del fémur la a.poplítea corre el peligro de ser lesionada.

El **n.peroneo común** (figs. **147** y **148**) se ha separado del n.tibial lo más tarde a la entrada en la fosa poplítea (fig. **143**) y se dirige, primeramente cubierto por el m.bíceps femoral, seguidamente a lo largo del lado tibial del tendón de inserción de este músculo, distalmente por el gemelo externo. El nervio discurre cada vez más superficialmente, sólo cubierto por la fascia poplítea, y la abandona en su departamento más inferior. Se enrolla en torno al peroné inmediatamente por debajo de la cabeza del peroné, fijado al periostio por fascículos conjuntivales, y entra en el compartimiento del peroné. Aquí se divide (figs. **146** y **147**) en el *n.peroneo superficial* (para los músculos peroneos y la piel del dorso del pie y dedos) y el *n.peroneo profundo*, que en el compartimiento de los extensores discurre hacia la parte distal e inerva todos los extensores y la piel de los bordes opuestos entre sí del 1.° y 2.° dedo.

El n.peroneo común está muy expuesto a causa de su trayecto superficial dorsal y distal de la cabeza del peroné donde sólo es cubierto por piel y fascia y simultáneamente es fijado al hueso. Mediante presión y choque contra el extremo proximal del peroné, el nervio puede ser aplastado y lesionado por extremos fracturarios afilados en una fractura de la cabeza del peroné, y dañado por una excesiva formación de callo en la fase de curación de una fractura.

El *n.peroneo común* da, además, un ramo para la cápsula de la articulación de la rodilla en el tercio superior o medio de la fosa poplítea, el *n.cutáneo femoral externo* (figs. **146, 147** y **152**), que en el gemelo externo atraviesa la fascia e inerva con varios ramos la cara externa de la pierna.

◄ 1 R.descendente de la a.circunfleja femoral externa
2 A.poplítea
3 R.articular } de la a.descendente
4 R.safeno } de la rodilla
5 A.superior externa de la rodilla
6 A.superior interna de la rodilla
7 Red articular de la rodilla
8 Red rotuliana
9 A.inferior externa de la rodilla
10 A.inferior interna de la rodilla
11 A.tibial anterior
12 A.tibial anterior recurrente
13 R.circunflejo del peroné
14 A.tibial posterior
15 A.peronea
16 M.extensor largo de los dedos
17 M.extensor largo del dedo gordo
18 N.ciático
19 N.tibial
20 N.femorocutáneo interno
21 N.peroneo común
22 N.femorocutáneo externo
23 N.peroneo profundo
24 N.peroneo superficial
25 Rr.musculares del n.peroneo superficial para los músculos peroneos
26 N.safeno
27 R.infrarrotuliano del n.safeno

Un ramo interno del n.femorocutáneo externo (raramente un ramo directo del n. peroneo común) anastomosa casi siempre como *ramo comunicante peroneal* con el n.femorocutáneo interno (a partir del n.tibial) y constituye el *n.femoral* (fig. **152**).

La **a.poplítea** (figs. **143, 146** y **147**) conserva su situación profunda, cerca-na al hueso o a la articulación durante su trayecto por el compartimiento medio y superior de la fosa poplítea, se dirige hacia abajo por el m.poplíteo y se divide en el borde superior del m.sóleo en las arterias tibiales anterior y posterior. La a.poplítea da ramas a los segmentos cercanos a la articulación de los músculos del muslo (ante todo a los flexores) y a los dos fascículos del m.gastrocnemio, así como ramas para la articulación de la rodilla.
Como *ramas musculares de la a.poplítea*
– se extienden ramas *proximales* hacia la parte interna y externa para los flexores de la articulación de la rodilla, en lo que anastomosan con ramas de la a.femoral profunda,

– discurren *distalmente las aa. femorales* (fig. **146**) hacia los dos fascículos de gastrocnemio y emiten respectivamente una rama para la piel y fascia en la cara posterior de la pierna.

Como *ramas articulares* (figs. **146** y **147**) la a.poplítea emite
– la *a.superior interna de la rodilla*, que en la parte proximal al cóndilo interno pasa por debajo de los tendones de los músculos aductor mayor y vasto interno hacia la red articular de la rodilla,
– la *a.superior externa de la rodilla*, que en la parte proximal al cóndilo externo discurre por debajo del tendón del bíceps a la red articular de la rodilla,
– la *a.media de la rodilla*, que desde la parte posterior penetra en la pared de la cápsula de la articulación de la rodilla e irriga los ligamentos cruzados,
– la *a.inferior interna de la rodilla*, que por debajo del cóndilo interno de la tibia, recubierta por el lig.lateral interno, va a la red articular de la rodilla,
– la *a.externa inferior de la rodilla*, que cruza el fascículo externo del gastrocnemio, el tendón del bíceps y el lig.colateral peroneal y por encima de la cabeza peroneal alcanza la red articular de la rodilla.
A la *red articular de la rodilla* llegan como ramas de la *a.femoral:*
– la rama descendente de la a.circunflejа femoral externa y
– la a.descendente de la rodilla;

Ramas de la *a.poplítea:*
– ramificaciones de los ramos musculares a los flexores del muslo y a los mm.vastos,
– la a.superior interna de la rodilla,
– la a.superior externa de la rodilla,
– la a.inferior interna de la rodilla,
– la a.inferior externa de la rodilla;

Ramas de la *a.tibial anterior:*
– la a.recurrente tibial anterior,
– la a.recurrente tibial posterior (inconstante)
Ramo de la *a.tibial posterior:*
– el r.circunflejo del peroné

Por lo tanto, la red articular de la rodilla es alimentada por ramas de las arterias femoral, poplítea, tibial anterior y tibial posterior. Sin embargo, las anastomosis entre los vasos que penetran en la red arterial por la parte proximal y la distal no son suficientes para administrar suficiente sangre a la pierna en caso de una interrupción súbita de la a.poplítea. Por ello esta arteria no debe ser ligada.

A la **vena poplítea** (en el segmento distal de la fosa poplitea en formación doble) pasan las venas satélites que cursan con las ramas de la a.poplitea, las *vv.de la rodilla.* En el departamento superior de la fosa poplítea, la vena poplítea recoge la *vena safena menor* (fig. **143**), que conduce sangre de la red venosa del dorso del pie, por detrás del maléolo externo, va a la pantorrilla y cursa su trayecto subfascial el surco entre los dos fascículos del m.gastrocnemio a la fosa poplítea.

Vasos linfáticos. Vías linfáticas superficiales acompañan a la vena safena menor y conducen linfa del borde externo del pie, de la región externa del maléolo externo y de la región de la pantorrilla (fig. **172b**). Discurren subfascial en la fosa poplítea y pasan en (1-2) *nódulos linfáticos poplíteos* superficiales que yacen junto a la v.safena menor.
Las vías linfáticas epifasciales pueden, sin embargo, conducir una parte de la linfa a las vías linfáticas que cursan con la vena safena magna, y con ello conducirla inmediatamente a los ganglios linfáticos inguinales superficiales.

La linfa del esqueleto y de la musculatura de la pierna, así como de la zona de la articulación de la rodilla, corre sobre las vías linfáticas en el cordón vascular de la fosa poplítea a los nódulos linfáticos poplíteos (3-4) situados longitudinalmente en los vasos poplíteos.

A partir de los ganglios linfáticos superficiales y profundos de la fosa poplítea, la linfa llega a través del hiato de los aductores a los vasos linfáticos profundos que cursan con los vasos femorales.

El **n.tibial** (figs. **143, 146** y **147**), situado superficialmente en el cordón vásculo-nervioso, abandona la fosa poplítea conjuntamente con los vasos sanguíneos y, pasando por debajo del arco tendinoso del m.sóleo, penetra en la capa conjuntiva entre los músculos peroneales y en los flexores profundos. Inerva todos los flexores en la pierna y pie, así como la piel, en una cinta de anchura variable en la cara dorsal interna de la pierna y en la planta del pie.
El *n.tibial,* además de ramos para la cápsula articular, en la fosa poplítea emite:

– rr.musculares a los dos gemelos, los mm.plantar, sóleo y poplíteo, así como:

– el *n.femorocutáneo interno* (figs. **146** y **147**), que discurre por el surco entre los dos gemelos con la vena safena menor, en la mitad de la pan-

torrilla atraviesa la fascia crural, por regla general anastomosa con el ramo comunicante peroneal y, como *n.femoral (1)* (figs. **149** y **152**), inerva la piel por encima del tendón de Aquiles, en el maléolo externo y (como n.cutáneo dorsal externo) en el borde externo del pie (fig. **173b**).

D. Pierna y pie

1. Pierna

a) Conexiones entre ambos huesos de la pierna

Los dos elementos esqueléticos de la pierna se articulan entre sí en el extremo proximal en la articulación tibioperonea y están unidos en sindesmosis en la región del cuerpo por la *membrana interósea crural*, y en el extremo distal por la *sindesmosis tibioperoneal* (figs. **138** y **154**).

En la **articulación tibioperoneal** articulan entre sí la faceta articular peroneal de la tibia y la faceta articular de la cabeza del peroné.

La cápsula articular que, ventral en la tibia y dorsal en el peroné, sobrepasa el límite óseo cartilaginoso, es reforzada en la cara anterior por el *lig.anterior de la cabeza del peroné*, que consta de haces de fibras horizontales y oblicuas; en la cara dorsal por el *lig.posterior de la cabeza del peroné*, predominantemente formado por haces transversales (fig. **142**). La línea epifisaria proximal de la tibia limita con la hendidura articular.

La articulación tibioperoneal permite como máximo movimientos deslizantes sin importancia entre las caras articulares, casi siempre planas. Como quiera que la hendidura articular en aproximadamente el 20 % de los casos está en conexión mediata con la cavidad articular de la articulación de la rodilla (a través del receso subpoplíteo), pueden extenderse los procesos inflamatorios.

La **membrana interósea crural** une entre sí, como placa fibrosa rígida, los dos huesos de la pierna (figs. **138, 152**). La mayor parte de las fibras va desde el borde interóseo de la tibia oblicuamente hacia abajo al borde interóseo del peroné. En la región ventral y dorsal se superponen los haces fibrosos de curso invertido de esta capa. La membrana interósea sirve como extensa zona de origen muscular (fig. **148**). La disposición de sus fibras no permite ninguna separación digna de mención de los dos huesos de la pierna y actúa antagónicamente al haz muscular dirigido hacia la zona distal.
En la **sindesmosis tibioperoneal**, los fuertes ligg.tibioperoneal anterior y posterior, que discurren oblicuamente hacia abajo, al peroné (figs. **138, 149, 154** y **155**), unen el extremo distal de ambos huesos de la pierna en

(1) N. del T: También llamado sural.

una horquilla maleolar fuerte, resistente, pero no totalmente rígida. Ambos extremos óseos pueden desplazarse algo entre sí y separarse en grado insignificante. En caso de fuerte flexión dorsal del pie, el más ancho segmento anterior del cóndilo del astrágalo comprime las dos ramas de la horquilla maleolar, separándolas levemente entre sí.

Entre los extremos distales de la tibia y el peroné se continúa la cavidad articular de la articulación tibioperonea astragalina hacia la zona proximal como una hendidura de aproximadamente 1 cm de longitud (fig. **157**). Las caras óseas (la mayoría de las veces) no están aquí revestidas de cartílago, sino cubiertas de membrana articular interna. En la hendidura se desliza un pliegue de la membrana sinovial con tejido adiposo subyacente.

Las lesiones de la horquilla maleolar son relativamente frecuentes. Casi siempre se trata de una lesión maleolar, en la que uno o ambos maléolos se fracturan o desgarran. Un desgarro del lig.tibioperoneal es muy raro.

b) Disposición e inervación de la musculatura de la pierna

La musculatura de la pierna puede dividirse en dos grupos genéticos. En la cara anterior (y lateral) de la pierna está el *grupo de los extensores*, en la cara posterior el *grupo de los flexores*. Entre los extensores distinguimos un *grupo muscular anterior* (frecuentemente es el que es denominado grupo de los extensores) que es inervado por el n.tibial anterior, y un *grupo externo* o *peroneal* que es inervado por el n.peroneo superficial (1). El grupo de los flexores inervados por el n.tibial es dividido por una capa de tejido conjuntivo (también denominada "hoja profunda" de la fascia crural) en los *músculos peroneales* de situación superficial y en el grupo de los *flexores profundos*.

La agrupación genética del grupo peroneal en los extensores no corresponde a su ordenación funcional, dado que los mm.peroneos, al igual que los mm.flexores superficiales y profundos en la articulación tibioperoneotarsiana, flexionan en la zona plantar.

Fascia crural. La fascia lata se continúa distalmente y de manera continuada en la *fascia crural* (fig. **152**), que está fusionada con la cara interna de la tibia. La fascia crural envuelve como fascia superficial los músculos de la pierna y está en conexión por medio de los *tabiques intermusculares anterior y posterior crural* (fig. **152**) con el peroné (cresta anterior y posterior respectivamente). Mediante la fascia crural, los dos tabiques intermusculares, la tibia, el peroné y la membrana interósea, son delimitadas tres cámaras para la musculatura de la pierna.

El *compartimiento del grupo peroneal* es limitado por la fascia crural, los dos tabiques intermusculares y la cara externa del peroné. La tibia, la membrana interó-

---

(1) N. del T.: También llamado músculo cutáneo.

sea, el peroné y el grupo peroneal separan el *compartimiento de los flexores* del de los *extensores*. El compartimiento mayor de los flexores es subdividido por una hoja aponeurótica en la zona proximal. Se desliza entre los músculos peroneales y los flexores profundos y conduce los vasos tibiales posteriores y el n.tibial detrás del maléolo interno.

Las inflamaciones se dispersan predominantemente dentro de los compartimientos musculares hacia la región peroneal y al dorso del pie. Del compartimiento de los músculos peroneales, las supuraciones pueden ascender al tejido conjuntivo de la fosa poplítea.

En la zona distal de la pierna y a nivel del maléolo, la parte de la pierna cubierta por los extensores y la fascia del dorso del pie está reforzada por haces de fibras horizontales y oblicuas. Es posible la preparación artificial de un *ligamento transverso de la pierna* y un *ligamento cruzado de la pierna* como refuerzo fasciático cruciforme o en forma de Y (ya situado en el dorso del pie) (figs. **148, 149, 151** y **164**). Los dos ligamentos evitan que en la contracción los músculos se levanten de su base.
Entre el maléolo interno y el calcáneo, la fascia crural es reforzada por fascículos conjuntivales rígidos en un *ligamento anular interno del tarso* (figs. **150b** y **151**), cuya hoja superficial envuelve el cordón vásculo-nervioso. La hoja profunda cubre los tendones encerrados en vainas tendinosas aisladas de los flexores profundos y constituye la pared externa de los tres estuches tendinosos. Los tendones de los flexores profundos son conducidos por detrás del maléolo *interno* hacia la planta del pie. Cruzan el eje de la articulación tibioperonea-tarsiana por la cara posterior, el de la articulación astragalocalcánea por detrás y por dentro.
Detras del maléolo *externo*, los tendones peroneales, los refuerzos de las fascias designados como lig. de los músculos peroneales (figs. **148, 149** y **164**) son conducidos igualmente por detrás del eje transverso de la articulación tibioperoneatarsiana.
En el dorso del pie, la fascia crural se continúa como fascia dorsal del pie.

Grupo muscular anterior (grupo de los extensores)

El **m.tibial anterior** (figs. **148** y **152**) parte del cóndilo externo de la tibia, la cara externa de la tibia (dos tercios proximales), de la fascia crural y de la membrana interósea. Se inserta en la cara plantar del 1.^er hueso metatarsiano y del hueso cuneiforme I (figs. **151** y **164**).

El vientre muscular surge, en la contracción, en el tercio proximal de la tibia, por encima del borde de la misma. El músculo pasa el límite con el tercio distal de la tibia en su tendón que, atravesando por debajo del lig.transverso de la pierna, se dirige al borde interno del pie. Una *vaina tendinosa* (figs. **149** y **151**), que comienza en la parte proximal del ligamento transverso de la pierna y alcanza hasta la altura de la hendidura de la articulación astragalocalcánea, cubre el tendón en su segmento proximal y distal y lo rodea en su parte media.

Inervación: N.tibial anterior.

Los ramos musculares proximales para los músculos tibial anterior y extensor largo de los dedos se aíslan ya en el compartimiento peroneal del n.peroneo profundo. Después de que este nervio ha atravesado el m.extensor de los dedos, pasan respectivamente un ramo para los músculos anteriormente mencionados y (casi siempre dos) ramos musculares para el extensor largo de los dedos.

El **m.extensor largo de los dedos** (figs. **148** y **152**) nace del cóndilo externo de la tibia, del borde anterior del peroné y de una estrecha área de la membrana interósea. Se dirige a la aponeurosis dorsal del 2.º-5.º dedo, que en

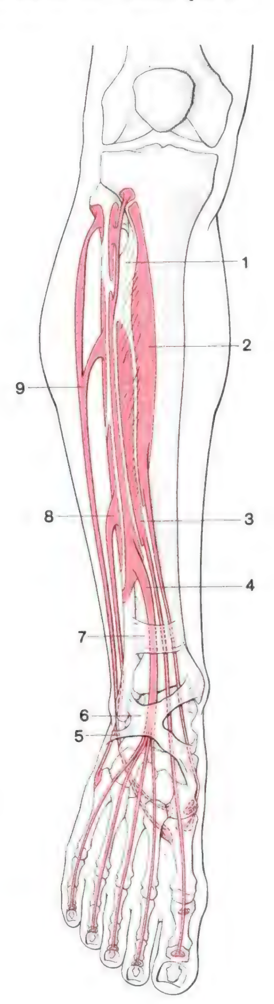


Fig. 148. **Grupo de extensores y grupo peroneal de la pierna.** Vista anterior.

1 Membrana interósea crural
2 M.tibial anterior
3 M.extensor largo del dedo gordo
4 M.extensor largo de los dedos
5 Lig. de los mm.peroneales
6 Lig. anular anterior del tarso
7 Lig.transverso de la pierna
8 M.peroneo corto
9 M.peroneo largo

principio posee una constitución análoga a la aponeurosis dorsal de los dedos de la mano (los dos fascículos marginales de cada tendón terminan en la falange distal, la parte media va hacia la falange media).

En los dedos del pie, la *aponeurosis dorsal* (fig. **160**) no está siempre expresada de manera total. Dado que los tendones de los mm.interóseos casi siempre se insertan únicamente en las falanges proximales, y los haces tendinosos de los mm.lumbricales con frecuencia no llegan a las falanges media y distal del 2.º-5.º dedo, la extensión activa de estas falanges sólo es posible de manera incompleta. Unicamente la falange distal del dedo gordo del pie puede ser flexionada en sentido dorsal mediante el m.extensor largo del dedo gordo del pie.
El m.extensor largo de los dedos llena el nicho externo del compartimiento de los extensores de la pierna. Fibras superficiales proceden de la fascia crural aponeurótica. Los haces de fibras del músculo penetran oblicuamente en los tendones de inserción, los cuales, envueltos en una *vaina tendinosa* unitaria (fig. **149**), pasan como cordón cerrado el compartimiento externo del ligamento transverso de la pierna y sólo distalmente del mismo se separan entre sí.
El **m.peronaeus tertius** (parte externa del músculo extensor común de los dedos), como porción muscular distal más o menos dividida del m.extensor largo de los dedos puede emitir un 5.º tendón de inserción a la base del 5.º hueso metatarsiano (y 4.º) (fig. **149**).

Inervación: N.tibial anterior.

El **m.extensor largo del dedo gordo** (fig. **148**) está completamente cubierto por los dos músculos vecinos en su zona de origen en la superficie interna del peroné y en la membrana interósea (2.º y 3.er cuarto). Su tendón no sale a la superficie hasta por encima del lig.transverso de la pierna (figs. **149** y **164**) y se inserta en la falange terminal, en parte también en la falange proximal del dedo gordo, que no posee ninguna aponeurosis dorsal.

La *vaina tendinosa* sólo empieza al nivel del maléolo, pero se extiende muy distalmente hasta la base o la cabeza del 1.er hueso metatarsiano (figs. **149** y **151**).

Inervación: N.tibial anterior.

Grupo muscular externo (grupo peroneal)

El **m.peroneo largo** (figs. **146, 148, 149** y **152**), un músculo bipennado, nace de los segmentos parietales proximales del compartimiento peroneal (peroné, tabiques intermusculares, fascia crural) y se inserta en la tuberosidad del hueso metatarsiano y en el 2.º hueso cuneiforme.

Su tendón cursa por el vientre muscular y por el tendón del m.peroneo corto en sentido distal. Detrás del maléolo externo, los tendones de ambos mm.peroneos están encerrados en una *vaina tendinosa* común (fig. **149**) que está fijada por el lig.anular externo del tarso al maléolo externo. En la cara lateral del calcáneo se divide la vaina tendinosa, el tendón del m.peroneo corto discurre por encima de la tróclea peroneal al 5.º hueso metatarsiano, el tendón del m.peroneo largo detrás de la tuberosidad ósea a la zona de desviación en el borde externo del pie. Ambos tendones peroneales son mantenidos en su situación por el ligamento anular externo del tarso.

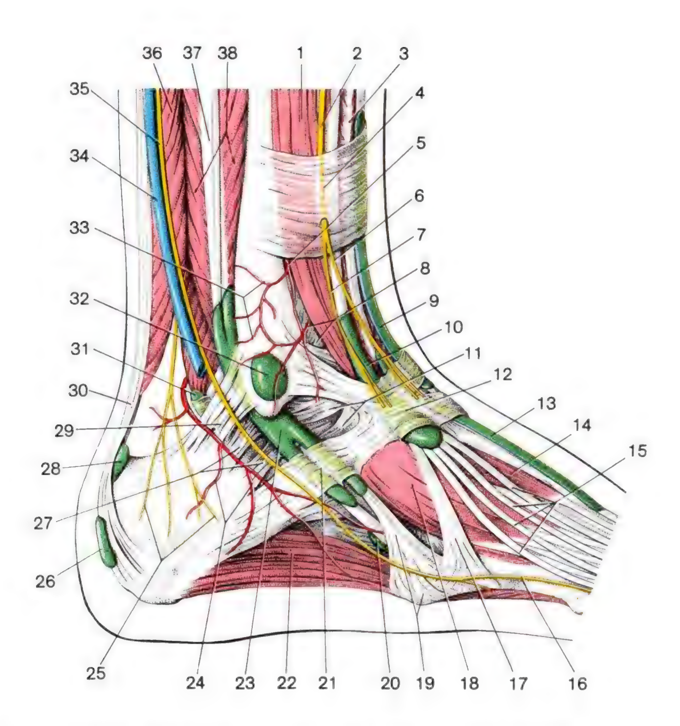


Fig. 149. **Vainas tendinosas del pie.** Vista desde la parte externa.
Arterias y nervios en la región maleolar externa (la ramificación terminal de las arterias y nervios no está representada).

1 M.extensor largo de los dedos
2 N.peroneo superficial
3 M.extensor largo del dedo gordo
4 Lig. transverso de la pierna
5 R.perforante de la a.peroneal
6 N.cutáneo dorsal interno
7 N.cutáneo dorsal intermedio
8 A.maleolar anterior externa y lig.tibioperoneal anterior
9 Vaina tendinosa del m.tibial anterior
10 Vaina tendinosa del m.extensor largo de los dedos del pie
11 Lig.calcaneoastragalino interóseo
12 Lig.anular anterior del tarso
13 Vaina tendinosa del m.extensor largo del dedo gordo
14 M.extensor corto del dedo gordo
15 Tendones del m.extensor largo de los dedos
16 N.cutáneo dorsal externo
17 Tendón del m.peroneo anterior
18 M.pedio
19 Apófisis estiloides del 5.º metatarsiano
20 Vaina tendinosa del m.peroneo lateral largo
21 Lig.anular externo del tarso
22 M.abductor del 5.º dedo del pie
23 Vaina sinovial de los músculos peroneos laterales
24 Rr.calcáneas de la a.peronea
25 Rr.calcáneas externas del n.sural
26 Bolsa subcutánea calcánea
27 Lig.calcaneoastragalino externo y calcáneo peroneal
28 Bolsa tendinosa del calcáneo
29 Lig.anular externo del tarso
30 Tendón calcáneo
31 Vaina sinovial tendinosa del m.flexor largo del dedo gordo
32 Bolsa subcutánea maleolar externa
33 Red maleolar externa
34 V.safena externa
35 N.sural
36 M.sóleo
37 M.peroneo lateral largo
38 M.peroneo corto

El tendón del m.peroneo largo se desliza con un revestimiento fibrocartilaginoso por la tuberosidad del cuboides y sigue –rodeado por una vaina tendinosa (fig. **149**)– por un surco recubierto por el lig. plantar largo por la cara plantar del pie al 1.^{er} (2.º) hueso metatarsiano y al hueso cuneiforme (fig. **159**).

El **m.peroneo corto** (figs. **148, 149** y **152**) nace en la mitad distal del peroné y en ambos tabiques intermusculares, discurre conjuntamente con el m.peroneo largo por detrás del maléolo externo y se inserta en la tuberosidad ósea del 5.º metatarsiano.

Como reliquia filogenética de un grupo extensor profundo longitudinal, bien desarrollado en los mamíferos inferiores, parte un vértice tendinoso a la aponeurosis dorsal del 5.º dedo del pie.

Inervación de ambos mm.peroneos: N.peroneo superficial.

El n.peroneo superficial emite inmediatamente distal de la cabeza peroneal (2-3) ramos para el m.peroneo largo. El ramo muscular que va al m.peroneo corto, por regla general abandona el tronco principal del nervio sólo después de que éste ha salido del m.peroneo largo y circula entre ambos mm.peroneos.

Capa superficial de los flexores: músculos peroneos

Se entiende por *músculos peroneos* los dos gemelos y el m.sóleo, que con un tendón común, el tendón de Aquiles, se inserta en la cara posterior del calcáneo. Forman el **m.tríceps femoral** (fig. **150a**). Un músculo potente que en el hombre abomba la parte posterior de la pierna como "pantorrilla".

El **m.gastrocnemio** (figs. **146, 150a** y **152**) nace con sus dos fascículos (los gemelos) en la faceta poplítea, por encima de los cóndilos del fémur; el fascículo interno, más fuerte, es algo más proximal que el externo. El tendón distal del músculo se une con el tendón del m.sóleo y forma el *tendón de Aquiles* o tendón calcáneo, que se inserta en la tuberosidad del cuboides (figs. **149, 150a, 151** y **158**).

La *bolsa tendinosa del calcáneo* (fig. **149** y **151**) evita que el tendón, delante de su fijación ósea, roce con la cara posterior del cuboides.

Inervación: N.tibial.

Los ramos musculares para los tres fascículos del m.tríceps femoral se ramifican ya a partir del n.tibial en el departamento superior de la fosa poplítea.

El **m.sóleo** (figs. **143, 146, 150a** y **152**) toma su origen, en su mayor parte cubierto por el m.gastrocnemio, de la cabeza y de la limitante cara posterior del peroné, de una arcada tendinosa, el *arco tendinoso del m.sóleo*, que va del peroné a la tibia y a modo de puente pasa por encima del cordón vásculo-nervioso, y de la tibia (línea del m.sóleo y borde interno). Se inserta por medio del tendón de Aquiles en la tuberosidad del calcáneo (figs. **149** y **151**).

El vientre del m.sóleo, que llega más distalmente que el vientre muscular del m.gastrocnemio, está revestido por una fina capa tendinosa por la que se desliza el músculo suprayacente. El m.sóleo es un músculo de estriación compleja, y por medio de una hoja tendinosa frontal se divide en una capa muscular superficial y una profunda.

Inervación: N.tibial.

El **m.plantar** (figs. **146** y **150a**) nace por dentro del fascículo externo del m.gastrocnemio, proximal del cóndilo externo del fémur. De su corto vientre muscular parte un tendón terminal estrecho y largo entre los mm.gastrocnemio y sóleo (encima del tendón de Aquiles) hacia la tuberosidad calcánea, ocasionalmente hacia la fascia crural o más raramente llega a la aponeurosis plantar.

El músculo es una reliquia filogenética de un fascículo muscular que va a la aponeurosis plantar, incluso en los primates inferiores, y que fue interrumpido por el desarrollo de la tuberosidad del calcáneo. Ocasionalmente puede faltar en el hombre o está fusionado con el fascículo externo del m.gastrocnemio.

Inervación: N.tibial.

El m.plantar está envuelto en una hoja de tejido conjuntivo entre los mm.-gastrocnemio y sóleo, que está en conexión con la vaina vascular de la arteria y vena tibial posterior. El músculo forma por encima del arco tendinoso un arco protector sobre los vasos. En la flexión de la articulación de la rodilla eleva el haz vásculo-nervioso, lo orienta en un trayecto en forma de arco y contribuye a evitar la plicatura de los vasos.

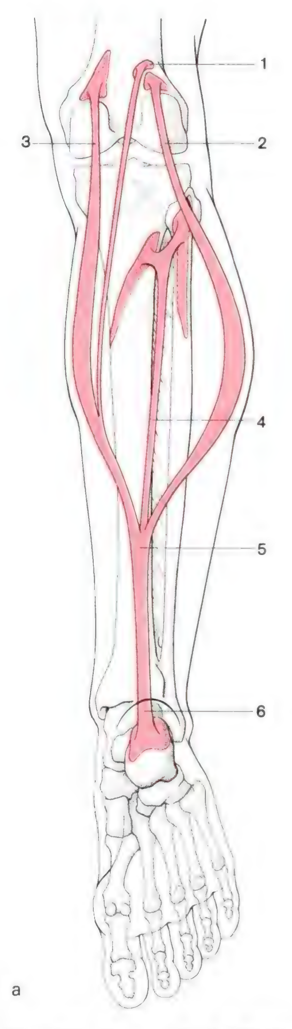
Capa profunda de los flexores

El **m.tibial posterior** (figs. **146, 150b** y **152**) posee una ancha zona de origen en la membrana interósea. Porciones marginales estrechas proceden del segmento proximal de la tibia y peroné; haces fibrosos superficiales proceden también de la hoja conjuntival entre los flexores superficiales y profundos. Su tendón, que por encima del maléolo interno cruza el tendón del m.flexor largo de los dedos ("quiasma crural", fig. **150b**) se inserta con su cordón principal en la tuberosidad del hueso escafoides (fig. **151**), con fascículos laterales en la cara plantar (a menudo) de todos los tarsianos distales y en las bases de los metatarsianos 2.°-4.° (fig. **159**).

En el surco maleolar, el tendón es rodeado por una *vaina tendinosa*, y por debajo del maléolo interno es recubierto por el ligamento anular interno del tarso, una fascia de refuerzo que va desde el maléolo interno al calcáneo (fig. **151**).

Inervación: N.tibial.

De los ramos musculares para los flexores profundos nace el ramo para el m.tibial posterior, que es el más lejano en sentido proximal, aproximadamente a la altura del arco tendinoso del m.sóleo. Los ramos proximales para el flexor largo del dedo gordo y flexor largo de los dedos abandonan el n.tibial aproximadamente en la



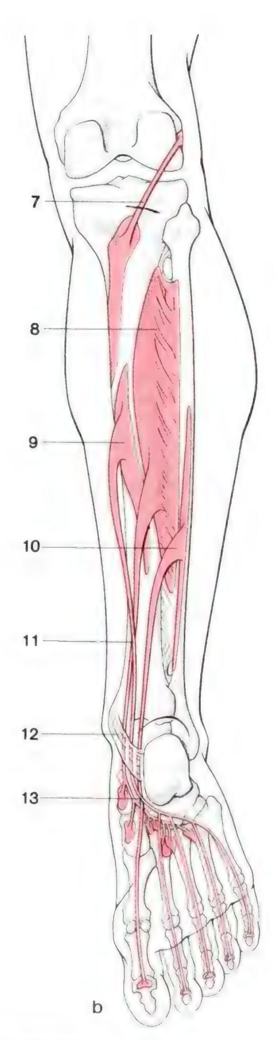


Fig. 150. **Grupo de los flexores de la pierna.** Vista anterior.
a capa superficial (músculos peroneos)
b capa profunda

1 M.plantar delgado
2 M.gemelo externo } M. gastrocnemio
3 M.gemelo interno } M. gastrocnemio
4 M.sóleo
5 M.tríceps femoral
6 Tendón de Aquiles

7 M.poplíteo
8 M.tibial posterior
9 M.flexor largo de los dedos
10 M.flexor largo del dedo gordo
11 "Quiasma crural"
12 Lig.anular interno del tarso
13 "Quiasma plantar"

transición con el tercio medio de la pierna. Casi siempre también en la mitad distal de la pierna parten ramos musculares del n.tibial.

El **m.flexor largo del dedo gordo** (figs. **150b** y **152**), que de los flexores profundos es el que se inserta más internamente (tendón principal en la base de la falange distal I), nace en la porción externa de la pierna: en los dos tercios distales de la cara peroneal posterior, una franja estrecha de la membrana interósea, y en el tabique intermuscular posterior. Su tendón, por lo tanto, entrecruza también en la cara plantar del pie el tendón del m.flexor largo de los dedos ("quiasma plantar", fig. **150b**) al que emite prolongaciones tendinosas para la falange distal del 2.° y 3.^{er} dedo (más raramente 4.°).

En la cara posterior del astrágalo y en la cara inferior del sustentaculum tali discurre el tendón del flexor del dedo gordo, por un surco tendinoso del m.flexor largo del pulgar. Este es rodeado por una vaina tendinosa (figs. **149** y **151**), que comienza a nivel del vértice del maléolo interno y llega hasta la base del 1.^{er} hueso metatarsiano en sentido distal. El tendón de inserción, a partir de la cabeza del 1.^{er} metatarsiano está envuelto en una vaina tendinosa que por medio de una envoltura fibrosa está fijada a las falanges del dedo gordo y alcanza hasta la falange distal.

Inervación: N.tibial.

El **m.flexor largo de los dedos** (figs. **146, 150b, 151** y **152**) nace de la cara posterior de la tibia, distal con respecto a la línea del m.sóleo, y de un arco tendinoso que en la zona proximal del cruce pasa a través del m.tibial posterior, por cuya fascia transcurre hacia el peroné. Los tendones terminales del músculo atraviesan los tendones del m.flexor corto de los dedos en la zona de las falanges proximales (fig. **163**) y se insertan en las falanges distales del 2.° hasta el 5.° dedo.

El tendón del m.flexor largo de los dedos, encerrado en una *vaina tendinosa* propia, cursa dorsolateralmente respecto al tendón del m.tibial posterior por el surco maleolar y va a la planta del pie (fig. **151**), a lo largo del borde interno del sustentaculum tali, cubierto por el lig.anular interno del tarso. A la altura de la tuberosidad del escafoides cruza el tendón del m. flexor largo del dedo gordo, que le envía haces tendinosos. En posición distal respecto a este cruce se fija al tendón del m.flexor largo de los dedos, el m.cuadrado plantar (m.flexor accesorio), que ajusta la dirección de los tendones terminales del flexor largo de los dedos a la dirección longitudinal de los radios de los dedos.

Los tendones distales del m.flexor largo de los dedos ("m.perforante") y flexor corto de los dedos ("m.perforado"), que se dirigen al mismo tendón, están encerrados en vainas tendinosas, *vainas sinoviales tendinosas de los dedos del pie* (fig. **151**), que comienzan en la cabeza de los metatarsianos y se extienden hasta la falange distal. Están rodeados por las *vainas fibrosas de los dedos del pie,* que, como en los dedos de la mano, permiten identificar haces de fibras horizontales y haces de fibras cruzadas (*porción anular* y *porción cruciforme*).

Inervación: N.tibial.

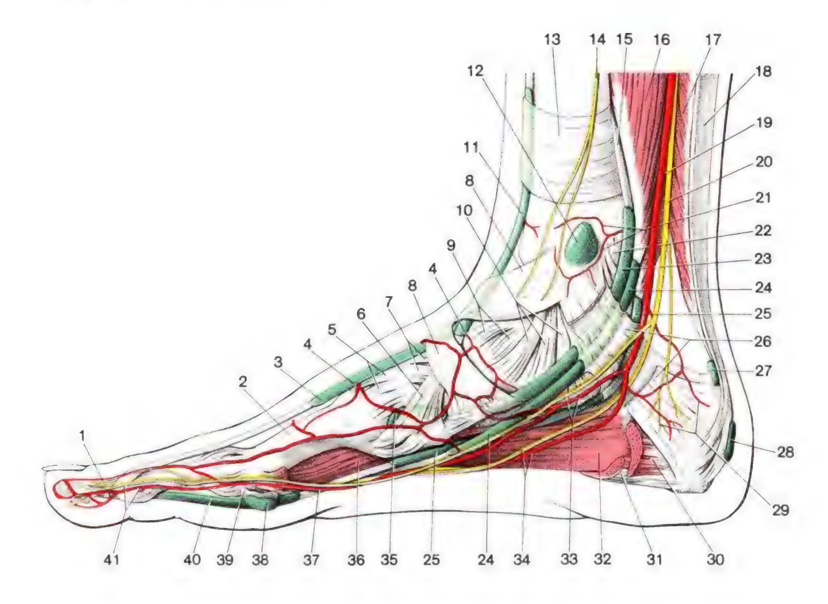


Fig. 151. **Vainas tendinosas del pie.** Vista desde la parte interna y nervios en la región maleolar interna (las ramificaciones terminales de arterias y nervios no están representadas)

1 A.dorsal interna del dedo gordo
2 1.er metatarsiano
3 Vaina tendinosa del m.extensor largo del dedo gordo
4 Aa.tarsianas internas
5 Ligg.tarsometatarsianos dorsales
6 Tendón del m.tibial anterior
7 Lig.cuneoscafoideo dorsal
8 Lig.anular anterior del tarso
9 Lig.astragaloscafoideo dorsal
10 Lig.interno (porción tibioscafoidea, porción tibioastragalina anterior, porción tibiocalcánea)
11 Vaina tendinosa del m.tibial anterior
12 Bolsa subcutánea del maléolo interno
13 Lig.transverso de la pierna
14 N.safeno
15 Tendón del m.tibial posterior
16 M.flexor largo de los dedos
17 M.sóleo
18 Tendón de Aquiles
19 A.tibial posterior
20 N.tibial
21 Red maleolar interna
22 Parte tibioastragalina posterior del lig.interno
23 Vaina sinovial tendinosa del m.tibial posterior
24 Vaina tendinosa del m.flexor largo de los dedos
25 Vaina sinovial tendinosa del m.flexor largo del dedo gordo
26 Lig.anular interno del tarso
27 Bolsa tendinosa del calcáneo
28 Bolsa subcutánea calcánea
29 Rr.calcáneos de la a.tibial posterior y rr.calcáneos internos del n.tibial
30 M.abductor del dedo gordo, seccionado
31 M.flexor gordo de los dedos, seccionado
32 M.cuadrado plantar
33 A. y n.plantar interno
34 A. y n.plantar externo
35 Bolsa subtendinosa del m.tibial anterior
36 M.flexor corto del dedo gordo
37 R.superficial de la a.plantar interna
38 Bolsa subcutánea de la cabeza ósea del 1.er metatarsiano
39 Hueso sesamoideo
40 Vaina sinovial tendinosa de los dedos
41 A. y n.plantar interno del dedo gordo

El **m.poplíteo** (fig. **150**) pertenece genéticamente a los músculos flexores profundos de la pierna. En los no mamíferos une la tibia y el peroné. En los animales mamíferos –y con ello también en el hombre– tiene relaciones íntimas con la articulación de la rodilla y contribuye a la rotación interna de la pierna flexionada.

El m.poplíteo tiene su origen debajo del lig.colateral externo de la articulación de la rodilla en la cara externa del cóndilo femoral externo (fig. **146**). Su cara de inserción está en la cara posterior de la tibia, en la zona proximal de la línea del m.sóleo.

El músculo discurre en la profundidad de la fosa poplítea (fig. **143**) y es cubierto, además de por vasos y nervios, también por los gemelos. Su tendón de origen, encima del cual pasa el lig.poplíteo arqueado, yace sobre el receso subpoplíteo, que en el adulto está constantemente en conexión con la cavidad de la articulación de la rodilla. En la fascia del músculo penetra un ligamento del tendón del m.semimembranoso.

Inervación: N.tibial.

c) Vías vásculo-nerviosas en la pierna

Vías *vásculo-nerviosas* típicas circulan por el *compartimiento de los extensores* (vasos tibiales anteriores, vías linfáticas profundas + n.peroneo profundo) hacia el dorso del pie y en la pared posterior del *compartimiento de los flexores profundos* (vasos tibiales posteriores, vasos linfáticos profundos + n.tibial) hacia la planta del pie. En el mismo compartimiento muscular circulan –íntimamente vecinos con el peroné y la membrana interósea– los vasos peroneos (acompañados de algunas vías linfáticas profundas) a distancia variable en sentido distal. Por el *compartimiento peroneal* discurre en sentido longitudinal sólo el n.peroneo superficial. La irrigación vascular para los mm.peroneos corre a cargo de ramas cortas de la a.tibial anterior (proximal) y de la a.peronea (distal).

Vías vásculo-nerviosas en el compartimiento de los extensores

La **a.tibial anterior** pasa por el borde superior de la membrana interósea hacia el compartimiento de los extensores (figs. **146** y **147**).

Las **vv.tibiales anteriores** y *vasos linfáticos* profundos acompañan a la arteria por la cara anterior de la membrana interósea (fig. **152**).
En la vía linfática puede estar intercalado un *ganglio linfático tibial anterior*, que en el tercio proximal de la pierna yace en la cara anterior de la membrana interósea y transporta la linfa a los ganglios linfáticos poplíteos.

El **n.tibial anterior** que inerva los extensores de la pierna y pie, penetra desde fuera a través del tabique intermuscular anterior a la cara externa del haz vascular (figs. **147** y **152**). El cordón vásculo-nervioso se dirige hacia la parte distal (pasando entre los mm.tibial anterior y extensor largo de los dedos) (fig. **164**). A nivel de la articulación tibioperoneo astragali-

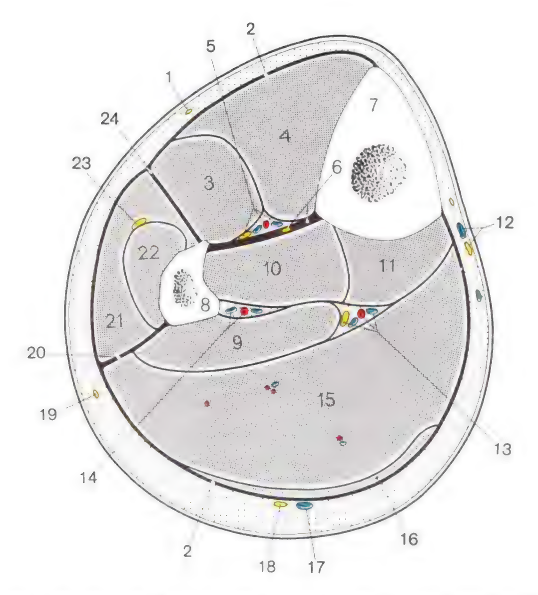


Fig. 152. **Corte transversal en el tercio medio de la pierna derecha.** Vista de la superficie de corte desde la parte distal.

1 Ramo del n.cutáneo femoral externo
2 Fascia crural
3 M.extensor largo de los dedos
4 M.tibial anterior
5 A. y v.tibial anterior y n.peroneo profundo en el compartimiento de los extensores
6 Membrana interósea crural y n.interóseo crural
7 Tibia
8 Peroné
9 M.flexor largo del dedo gordo
10 M.tibial posterior
11 M.flexor largo de los dedos
12 V.safena interna, n.safeno
13 A. y v.tibial posterior y n.tibial en el compartimiento de los flexores profundos
14 A. y v.peronea
15 M.sóleo
16 M.gemelo
17 V.safena externa
18 N.femoral
19 N.cutáneo femoral externo
20 Tabique intermuscular posterior crural
21 M.peroneo lateral largo
22 M.peroneo corto
23 N.peroneo superficial en el compartimiento peroneal
24 Tabique intermuscular anterior crural.

na, el cordón vásculo-nervioso es cruzado por el m.extensor largo del dedo gordo, y el n.peroneo profundo pasa por la arteria a su cara interna. La *a.tibial anterior* se continúa en el dorso del pie como a.dorsal del pie, el ramo terminal sensitivo del *n.tibial anterior* se ramifica en las caras *opuestas entre sí* del 1.^{er} y 2.^{o} dedo.

La *a.tibial anterior* emite numerosas ramas musculares para los extensores de la pierna y da además:

– la inconstante *a.recurrente tibial posterior* que todavia nace detrás de la membrana interósea y, pasando por debajo del m.popliteo, se dirige a la red articular de la rodilla.

- la *a.recurrente tibial anterior* (fig. **147**), que a través de su origen en el m.tibial anterior va a la red articular de la rodilla,
- la *a.maleolar anterior interna* (fig. **164**), que discurre por debajo del tendón del m.tibial anterior a la *red maleolar interna,* una red vascular arterial existente en el maléolo interno, y
- la *a.maleolar anterior externa* (figs. **147** y **149**), que debajo de los tendones del extensor largo de los dedos llega a la *red maleolar externa* en el maléolo externo.

La a.maleolar anterior externa anastomosa con el ramo perforante de la a.peronea procedente de la a.tibial posterior. Las redes arteriales de ambos maléolos están en conexión entre sí en la parte anterior y posterior, de manera que en caso de una oclusión de una a.tibial puede formarse una circulación colateral.

Nervios en el compartimiento peroneal

El *n.peroneo común* penetra inmediatamente distal de la cabeza del peroné desde la parte dorsal externa en el compartimiento peroneal y se ramifica seguidamente (figs. **146** y **147**). El n.tibial anterior y las ramas musculares procedentes del mismo para el m.extensor largo de los dedos abandonan el compartimiento de los peroneos por el tabique intermuscular anterior.

El *m.peroneo superficial* (figs. **147, 152** y **164**) da ramos musculares para el m.peroneo largo, pasa inicialmente entre los dos mm.peroneos y seguidamente por el m.peroneo corto, al que manda un ramo, en dirección distal. Antes o después de atravesar la fascia crural en el tercio distal de la pierna, se divide en el *nervio cutáneo dorsal interno* y el *n.cutáneo dorsal intermedio* para la piel del dorso del pie y de los dedos del pie (figs. **149, 164** y **173a**).

Vía vásculo-nerviosa en el compartimiento profundo de los flexores

La **a.tibial posterior** continúa la a. poplítea en la cara de flexión de la pierna y por debajo del arco tendinoso del m.sóleo penetra en el compartimiento de los flexores profundos (fig. **146**). Cursa conjuntamente con las **vv.tibiales posteriores**, los vasos linfáticos profundos y el **n.tibial** (en la cara externa del cordón vascular) inmediatamente debajo de la hoja conjuntival que cubre a los flexores profundos en dirección distal (figs. **143** y **152**). En la región proximal de la pierna discurre el cordón vásculo-nervioso entre el m.flexor largo de los dedos y el tibial posterior, distalmente y por detrás del maléolo interno —cubierto por el ligamento anular interno del tarso (fig. **151**) — entre los tendones de los músculos mencionados y el tendón del m.flexor largo del dedo gordo. Debajo del maléolo interno, la a.tibial posterior se divide en a.plantar interna y la a.plantar externa, que debajo del origen del m.abductor del dedo gordo y a su través llegan a la planta del pie (figs. **151** y **166**). El n.tibial se divide detrás del maléolo interno en los nervios plantar interno y externo.

La *a.tibial posterior* irriga con ramas musculares los flexores superficiales y profundos de la pierna y emite (fig. **147**):

– la *rama circunfleja peroneal* alrededor de la cabeza del peroné a la red articular de la rodilla,
– la *a.peronea,* que en la zona distal del arco tendinoso del m.sóleo abandona la a.tibial posterior y, cubierta por el m.flexor largo del dedo gordo, a lo largo del peroné se dirige a la red maleolar externa (fig. **149**),
– *rr.maleolares internos,* vasos débiles a la red maleolar interna (fig. **151**) y
– *rr.calcáneas* (fig. **151**) a la cara interna del calcáneo (red calcánea).

La *a.peronea* (figs. **146, 147** y **152**), que está recubierta por una red de múltiples mallas de venas satélites y es acompañada por algunas vías linfáticas profundas de la región del maléolo externo, puede ser más potente que la a.tibial posterior, a la que puede llevar sangre por la rama comunicante. Irriga con ramas cortas el m.sóleo, los flexores profundos y, a través del tabique intermuscular posterior, los mm.peroneos, emite una arteria nutricia para el peroné y da:
– la *rama perforante,* que atraviesa la membrana interósea por encima del maléolo externo y se dirige a la red maleolar externa (fig. **149**),
– la *rama comunicante,* que une las aa.peronea y tibial posterior y en la parte proximal de ambos maléolos discurre por la membrana interósea hacia la parte interna,

– *rr.maleolares posteriores externos* a la red maleolar externa y
– *rr.calcáneos* (fig. **149**) a la cara externa del calcáneo (red calcánea).

Las vv.tibiales posteriores están encerradas con la arteria en una dura vaina vascular. Reciben afluentes procedentes de las venas satélites de las ramas de la a.tibial posterior, y a través de las redes venosas en el maléolo interno y externo están en conexión con la vena safena magna y con la vena safena menor.

El *n.tibial* emite en la pierna *rr.musculares* para los flexores profundos (los ramos musculares para los músculos peroneales parten ya en la fosa poplítea), ramos para la cápsula de la articulación tibioperonea tarsiana y *rr.calcáneos internos* (figs, **151** y **173b**) para la piel del talón y la piel de la planta del pie cercana al talón.

El *n.interóseo crural* procede casi siempre del "r.poplíteo", el cual abandona el n.tibial ya en la fosa poplítea y no solamente inerva el músculo del mismo nombre, sino también da un ramo para la cavidad medular de la tibia. El n.interóseo crural inerva con un ramo proximal la cápsula de la articulación tibioperoneal, discurre por la membrana interósea crural o entre sus capas fibrosas (fig. **152**) en dirección distal a la sindesmosis tibioperoneal y emite ramos al periostio del extremo distal de la tibia.

2. Articulaciones del pie

a) Elementos esqueléticos del tarso y metatarso

En el *pie* distinguimos –como en la mano– tres segmentos ordenados sucesivamente: *tarso, metatarso* y los *dedos*. Los elementos esqueléticos correspondientes (fig. **153**) son los *huesos del tarso,* los *huesos metatar-*

sianos y los *huesos de los dedos del pie.* El dedo gordo posee dos *falanges,* en los dedos restantes distinguimos *falange proximal, media* y *distal.* La *planta del pie* es la cara inferior en contacto con el suelo; el *dorso del pie* es la cara opuesta.

Topográficamente, el pie es delimitado de la pierna por un plano horizontal que discurre justamente por encima de ambos maléolos (es decir, que corresponde a la proyección de la hendidura articular de la articulación tibioperonea tarsiana sobre la piel). El dorso del pie pasa respectivamente por el borde interno (tibial) y externo (peroneal) del pie a la planta del pie. Como límite distal del dorso del pie se indica el borde libre de los pliegues interdigitales, cuya superficie oblicua desciende en dirección a los dedos hacia la cara plantar. Según esta definición, las articulaciones proximales de los dedos están situadas en la zona del dorso del pie.
Para las exigencias clínicas parece más adecuada una división del pie en:
- el *pie posterior,* que comprende el astrágalo, el calcáneo y las partes blandas de cubierta,
- el *pie medio,* en el que se comprenden todos los tarsianos restantes con las partes blandas de cubierta, y
- el *pie anterior,* que comprende los huesos metatarsianos, las falanges de los dedos y las partes blandas de cubierta.

Huesos del tarso. La especialización de la mano y el pie como resultado de la adquisición de la marcha bípeda, que da la mano prensil y el pie como base de apoyo en la bipedestación, ha conducido también a un desarrollo divergente de los huesos del carpo y los del tarso. Aunque obedecen al mismo plan anatómico, se diferencian en su situación y composición.

La *serie proximal de los huesos del tarso* consta sólo de dos huesos, el *astrágalo* y el *calcáneo* (fig. **152**). No son adyacentes en un mismo plano sino que el astrágalo se ha deslizado sobre el calcáneo. El astrágalo descansa sobre la "placa del pie subastragalina" con la que está articulada de manera móvil en la articulación astragalocalcánea, y en la articulación tibioperoneotarsiana es el encargado de la conexión articular con la horquilla formada por los dos huesos de la pierna.

La *serie distal de los huesos del tarso* consta de cuatro elementos (fig. **153**): los tres huesos cuneiformes, interno, medio y externo, y el hueso cuboides. Entre el astrágalo y los huesos cuneiformes se encuentra el escafoides. Corresponde al hueso central del plan anatómico de los vertebrados, que en el esqueleto de la mano del hombre ha desaparecido.

En el **astrágalo** (figs. **153** y **157**) el cuerpo lleva la *tróclea astragalina.* En dirección hacia los dedos pasa al estrechado *cuello del astrágalo,* sobre el que se asienta la *cabeza esférica del astrágalo.* La tróclea astragalina es más ancha por delante que por detrás. Su superficie revestida de cartílago, la *faceta superior,* y las facetas articulares laterales, la *faceta maleolar interna* y la *externa,* constituyen la cabeza articular unitaria de la articulación tibioperonea tarsiana, que es rodeada por la horquilla (cavidad acetabular articular).

En la cara posterior del cuerpo astragalino sobresale una pequeña apófisis, la *apófisis posterior del astrágalo,* cuyas dos tuberosidades, la interna y la externa, limitan un surco para el tendón del flexor largo del dedo gordo, el *surco tendinoso del m.flexor largo del dedo gordo.* La tuberosidad externa es mayor y posee un núcleo de osificación propio. Puede estar separado del astrágalo por una hendidura articular y existir como un *hueso trígono* independiente (aproximadamente 13 %).

La cara inferior del cuerpo del astrágalo está excavada por una extensa *faceta articular calcánea posterior.* Esta constituye la cavidad cotiloidea para el compartimiento posterior de la articulación calcaneoastragalina. De la *faceta articular calcánea media y anterior* (en la cara inferior del

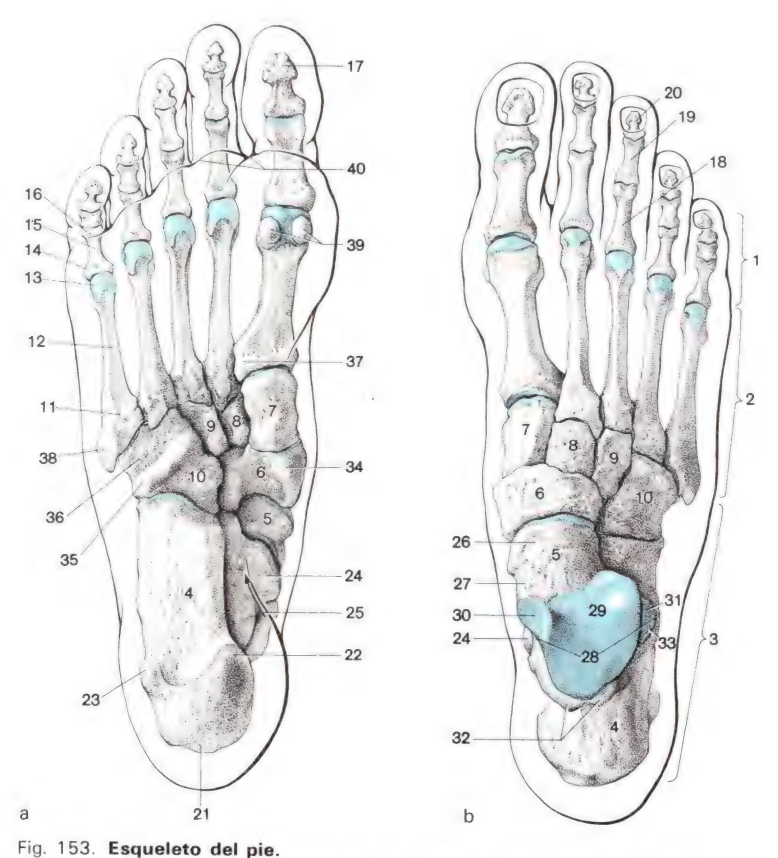


Fig. 153. **Esqueleto del pie.**
a Vista desde la cara plantar, relación de situación del surco digital horizontal
b Vista desde la cara dorsal

cuello o de la cabeza del astrágalo) es separada por el *surco del astrágalo.* Este surco forma con un surco correspondiente del calcáneo un canal que hacia los lados se amplía formando el seno del tarso. Como faceta articular extensa, la cabeza del astrágalo posee la faceta articular escafoidea para la articulación con el escafoides y el revestimiento fibrocartilaginoso del lig.calcáneo escafoideo plantar.

El **calcáneo** (fig. **153**) es el hueso de mayor tamaño del tarso. Forma con su fragmento prominente hacia atrás, que discurre por la *tuberosidad del calcáneo,* la corta y potente palanca del esqueleto del pie (fig. **158b**).

En la cara inferior de la tuberosidad se elevan dos tuberosidades con las que el calcáneo descansa sobre la superficie de apoyo: en la mayor *apófisis interna de la tuberosidad calcánea* nacen el m.abductor del dedo gordo y el flexor corto de los dedos, en la *apófisis externa* el m.abductor del 5.º dedo.

El calcáneo posee tres superficies articulares para la articulación con el astrágalo (fig. **158a**). La faceta articular astragalina posterior que forma la cabeza articular del compartimiento posterior de la articulación calcáneo astragalina yace detrás del surco calcáneo. La faceta articular astragalina media y anterior forman, conjuntamente con la superficie articular del hueso escafoides y el lig.calcaneoscafoideo plantar, el acetábulo para el compartimiento anterior de la articulación calcaneoastragalina.

La faceta articular media se encuentra en su mayor parte en una apófisis del calcáneo descendente hacia dentro, el *sustentaculum tali,* que abraza el astrágalo por debajo de su borde interno.

En la cara inferior del sustentaculum se desliza el tendón del flexor largo del dedo gordo en el *surco tendinoso del m.flexor largo del dedo gordo* (fig. **158b**). En la cara externa del calcáneo existen frecuentemente insinuados dos suaves surcos

---

◄ 1 Huesos de los dedos del pie
2 Huesos metatarsianos (metatarso)
3 Huesos del tarso
4 Calcáneo
5 Astrágalo
6 Escafoides
7 Cuña interna
8 Cuña intermedia
9 Cuña externa
10 Hueso cuboides
11 Base del 5.º metatarsiano
12 Cuerpo del 5.º metatarsiano
13 Cabeza del 5.º metatarsiano
14 Base de la falange
15 Cuerpo de la falange
16 Cabeza de la falange
17 Tuberosidad de la falange distal
18 Falange proximal
19 Falange media
20 Falange distal
21 Tuberosidad calcánea
22 Apófisis interna de la tuberosidad del calcáneo
23 Apófisis externa de la tuberosidad del calcáneo
24 Sustentaculum tali
25 Surco tendinoso del m.flexor largo del dedo gordo
26 Cabeza del astrágalo
27 Cuello del astrágalo
28 Tróclea astragalina
29 Faceta superior
30 Faceta maleolar interna
31 Faceta maleolar externa
32 Apófisis posterior del astrágalo, con tuberosidades interna y externa, y entre ellas el surco tendinoso del m.flexor largo del dedo gordo
33 Apófisis externa del astrágalo
34 Tuberosidad del escafoides
35 Tuberosidad del cuboides
36 Surco tendinoso del m.peroneo largo
37 Tuberosidad del 1.er metatarsiano
38 Tuberosidad del 5.º metatarsiano
39 Huesos sesamoideos
40 Surco digital horizontal

para los tendones de los mm.peroneos, entre los que se eleva una apófisis roma más o menos clara, la tróclea peroneal. En la superficie frontal, el calcáneo lleva la *faceta articular cuboidea.*

El **escafoides** (figs. **153** y **157**) posee en la parte proximal una faceta articular cóncava para la cabeza del astrágalo (fig. **158a**), en la parte distal tres facetas revestidas de cartílago para la articulación con los huesos cuneiformes. El borde interno del escafoides sobresale como *tuberosidad del escafoides* y es palpable a través de la piel.

Detrás de esta eminencia ósea yace, casi siempre encerrado en el ligamento calcaneoscafoideo plantar, en aproximadamente el 10 % de los casos un elemento accesorio, el "hueso tibial externo".

Las tres cuñas, o **huesos cuneiformes** (figs. **153, 157** y **159**) se articulan proximalmente con el hueso escafoides, distalmente con los metatarsianos 1.º-3.º. Por sus caras laterales están en unión articular entre sí. El hueso cuneiforme externo posee una pequeña faceta articular para el cuboides.

El hueso cuneiforme interno es el más fuerte, y es más ancho en la parte plantar que en la dorsal. Los cortes de la segunda y tercera cuña están dirigidas por el contrario en dirección plantar, de manera que la superficie plantar del esqueleto del pie, aquí en dirección transversa, está curvado de forma cóncava. El vértice del arqueamiento transverso del pie yace en la región del hueso cuneiforme intermedio, ya que su diámetro dorsoplantar es menor que el de sus dos vecinos. La segunda cuña es además más corta que el hueso cuneiforme 1.º y 3.º, de manera que la base del 2.º hueso metatarsiano en una parte se desliza entre estos dos huesos.

El **cuboides** (figs. **153, 157** y **159**) está incluido en el esqueleto del pie, entre el calcáneo, la cuña y los metatarsianos 4.º y 5.º. En ocasiones está también en conexión articular con el escafoides.

En su cara inferior se hunde por la cara externa el *surco tendinoso del m.peroneo largo,* por detrás del cual se eleva la *tuberosidad del cuboides.* El tendón del m.peroneo largo se desliza con una interposición fibrocartilaginosa más allá de la tuberosidad y discurre en el surco hacia la parte interna.

En los cinco **metatarsianos** (fig. **153** y **157**) distinguimos —como en los metacarpianos— *base, cuerpo* y *cabeza.* Las bases articulan proximal con los huesos cuneiformes (huesos metatarsianos 1.º-3.º) o con el cuboides (metatarsianos 4.º y 5.º) y poseen superficies articulares para los huesos metatarsianos vecinos.

La base del 2.º metatarsiano, que se desliza entre la cuña interna y externa, articula internamente sólo con la 1.ª cuña, por fuera con la 3.ª cuña y el 3^er^ metatarsiano.

En la cara plantar de la base del primer hueso metatarsiano sobresale externamente una fuerte tuberosidad, la *tuberosidad del 1^er^ metatarsiano* (fig. **153**). En ella se inserta el tendón del m.peroneo largo. La base del 5.º metatarsiano en dirección hacia fuera y proximal está estirada en una

tuberosidad del 5.º metatarsiano, que abomba notablemente la piel del borde peroneal del pie y sirve de inserción al tendón del m.peroneo corto (figs. **149, 153** y **158a**).

El *cuerpo* de los metatarsianos es más débil que el correspondiente extremo proximal y distal. Las caras laterales en el 2.º y 5.º metatarsiano son oblicuas en dirección dorsal.

La cara articular en la *cabeza* de cada metatarsiano es, en dirección plantar, más extendida en sentido proximal que en la cara dorsal y termina en dos eminencias laterales plantares. En el 1^er^ hueso metatarsiano sobre ellas hay regularmente dos huesos sesamoideos (figs. **151** y **153**).

En el 5.º metatarsiano existe ocasionalmente un hueso sesamoideo impar, casi siempre de situación peroneal. Las cabezas de los metatarsianos 2.º-5.º son relativamente estrechas. Las caras laterales aplanadas poseen tuberosidades y depresiones en las que se fijan los ligamentos colaterales de las articulaciones proximales de los dedos.

De los 5 metatarsianos, el que forma el borde tibial (1^er^ hueso metatarsiano) es el más fuerte. El 5.º metatarsiano es más fuerte que el 4.º (a menudo también más que el 3.º); el 2.º metatarsiano es el más largo.

Las *luxaciones* del astrágalo están casi siempre combinadas con fracturas maleolares. En el astrágalo, las *fracturas* afectan a menudo al cuello del astrágalo, en el calcáneo a la tuberosidad del calcáneo. En los metatarsianos (casi siempre 2.º ó 3.º) pueden también producirse sin inmediata acción traumática como consecuencia de excesivo requerimiento o por agotamiento (fracturas por una marcha).

La **osificación** comienza en el calcáneo en el 5.º-6.º mes fetal, en el astrágalo aproximadamente 2 meses más tarde (fig. **117**). El cuboides presenta en el momento del nacimiento un núcleo de osificación, mientras que la osificación en la cuña externa comienza en el primer año, y en los restantes tarsianos por regla general en el 3.º-4.º año.
En los metatarsianos, los núcleos de osificación diafisarios se presentan en la 9.ª semana embrionaria, los núcleos epifisarios en las muchachas a los 3 años y en los varones al comienzo del 4.º año de vida. Como los huesos del carpo, los metatarsianos poseen únicamente una epífisis que se desarrolla en el 1^er^ metatarsiano en el extremo proximal, en los metatarsianos 2.º-5.º en la epífisis distal (figs. **117** y **158a**). Las líneas epifisarias osifican en las hembras entre los 15-20 años y en los varones dos o tres años más tarde.

Construcción del esqueleto del pie. El esqueleto del pie puede considerarse como una palanca de dos brazos, cuyo eje de giro cursa transversalmente por el cóndilo del astrágalo y el segmento posterior del calcáneo. La porción anterior, más larga, consta de un número mayor de elementos esqueléticos que forman un surco excavado abierto hacia la parte plantar. Nosotros distinguimos en la parte anterior un *estribo principal tibial* y un *estribo secundario peroneal* (fig. **154**). El estribo principal tibial está formado por los metatarsianos 1.º-3.º, los huesos cuneiformes y el escafoi-

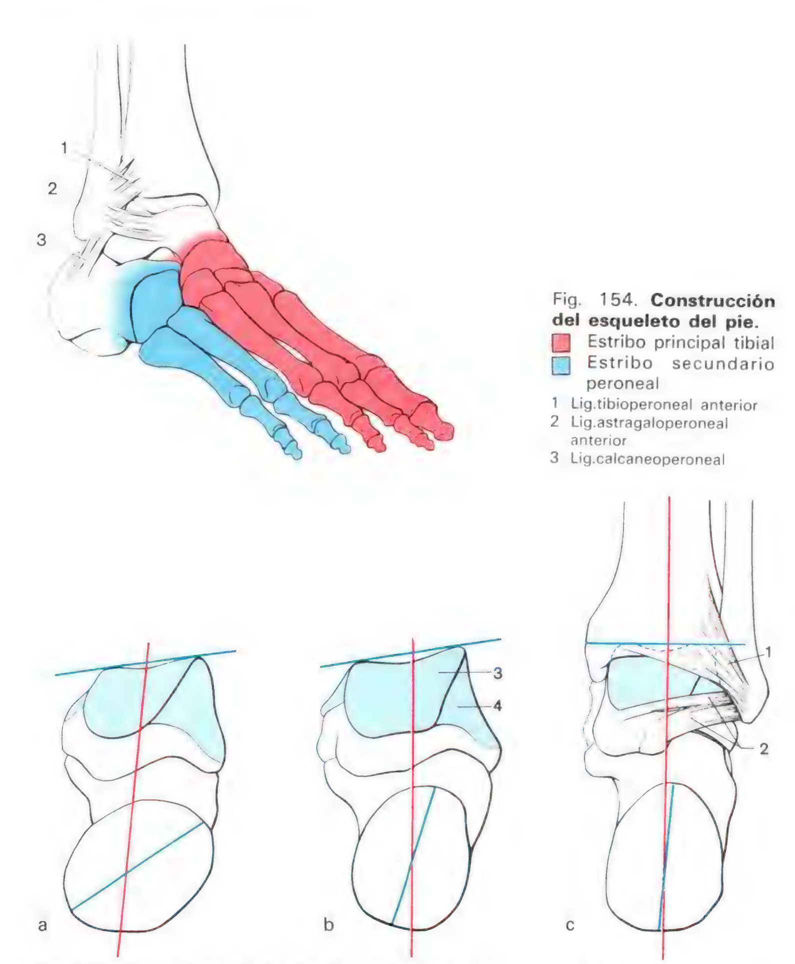


Fig. 154. **Construcción del esqueleto del pie.**
- Estribo principal tibial (rojo)
- Estribo secundario peroneal (azul)

1 Lig.tibioperoneal anterior
2 Lig.astragaloperoneal anterior
3 Lig.calcaneoperoneal

Fig. 155. **Variación del eje de dirección de la tuberosidad del calcáneo en el desarrollo postnatal.** Vista dorsal (a y b según v.LANZ-WACHSMUTH). Dirección del eje (diámetro longitudinal) de la tuberosidad calcánea e inclinación de la faceta superior de la tróclea astragalina en el plano frontal (azul)
Línea de soporte de la pierna (rojo)
a Astrágalo y calcáneo en el recién nacido
b Astrágalo y calcáneo en el niño de 2 años
c Sindesmosis tibioperoneal, astrágalo y calcáneo del adulto
(debido al distinto aumento, en los tres estadios del desarrollo la distancia entre la superficie del cóndilo astragalino y el borde inferior de la tuberosidad del calcáneo es aproximadamente igual)

1 Lig.tibioperoneal posterior
2 Lig.astragaloperoneal posterior
3 Faceta superior de la tróclea astragalina
4 Faceta maleolar externa





Fig. 156. **Impresión plantar del pie derecho.**
a normal
b pie plano

des, que articula con la cabeza del astrágalo. En la usual bidepestación lleva la carga principal del cuerpo. El estribo secundario peroneal, que es especialmente sobrecargado en la posición de pie con los pies paralelos, va desde los metatarsianos 4.º y 5.º por el cuboides al segmento anterior del calcáneo.

El esqueleto del pie es arqueado tanto en el sentido longitudinal como en el transversal. (Se habla de una bóveda longitudinal y transversal del pie, si bien la configuración en bóveda del pie no responde totalmente a las definiciones del técnico). El arqueamiento longitudinal del arco tibial es más acentuado que el del arco secundario peroneal. El arqueamiento longitudinal del pie es asegurado por ligamentos (lig.calcaneoscafoideo plantar, lig.plantar largo), y en medida especial, por fascículos musculares (músculos cortos plantares del pie, m.flexor largo del dedo gordo y flexor largo de los dedos, aponeurosis plantar). La arcada horizontal es mantenida ante todo por la tensión horizontal efectuada por los tendones del m.peroneo largo y tibial posterior.

En el recién nacido, el pie mantiene aún la posición adecuada a las condiciones espaciales intrauterinas. El calcáneo está inclinado hacia dentro, la tuberosidad calcánea mira hacia dentro y plantar (fig. **155**). En el desarrollo postnatal el calcáneo se reincorpora de esta posición de supinación casi totalmente. El eje de dirección (diámetro longitudinal) de la tuberosidad calcánea en el adulto es aproximadamente vertical (fig. **154c**).

Cuando, por la sobrecarga, falla la fijación planar de la bóveda del pie por medio de los músculos, tendones y ligamentos, entonces, mediante una pronación progresiva del calcáneo, se fuerza una deformación del pie. El astrágalo se sitúa más profundamente y amenaza con desviarse del sustentaculum tali. El estribo principal tibial se hunde y la placa subastragalina del pie es plegada en sentido peroneal. La bóveda longitudinal y horizontal del pie se pierden: *Pie plano.*

En el pie plano ha desaparecido totalmente o en gran parte la depresión de la línea marginal interna (fig. **156**), típica en la impresión normal de la planta del pie. En el niño pequeño, una forma de impresión plantar similar es provocada por el gran acúmulo de tejido adiposo subcutáneo en la bóveda del pie. Un desarrollo especialmente intenso de los músculos de la planta del pie puede empequeñecer igualmente los nichos de la misma y simular un aplanamiento de la bóveda del pie.
En el *pie transverso plano*, la bóveda horizontal del pie en la zona de los metatarsianos está aplanada o levantada. Las cabezas de los metatarsianos 2.º-5.º son objeto de una sobrecarga más intensa. El pie anterior está ensanchado.
En el *pie zambo*, el borde externo del pie está dirigido hacia la parte plantar, la planta del pie mira hacia dentro, el pie se halla en supinación extrema.

b) Cápsulas y aparato ligamentoso de las articulaciones del pie

Como **articulaciones del pie** (en sentido amplio) se comprenden aquí todas las articulaciones en la región tarso-metatarsiana, mientras que las articulaciones de los dedos son comentadas separadamente. Contamos como articulaciones del pie:
– la *articulación tibiotarsiana,*
– la *articulación astragalocalcánea,* que consta de una porción articular posterior, *articulación subastragalina,* y de una porción anterior, *articulación astragalocalcaneoscafoidea,*
– la *articulación calcaneocuboidea,*
– la *articulación cuneoscafoidea,*
– las uniones articulares entre el escafoides y el cuboides (inconstante), entre las cuñas entre sí y entre la cuña externa y el cuboides,
– las *articulaciones tarso-metatarsianas,* y
– las articulaciones entre las bases de los huesos metatarsianos, *articulaciones intermetatarsianas.*

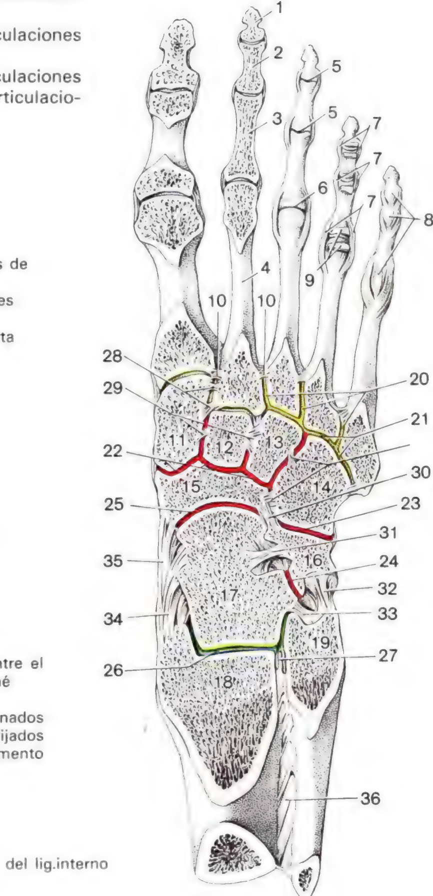
Articulación tibiotarsiana

En la *articulación tibiotarsiana,* una articulación uniaxial, los dos huesos de la pierna están en conexión únicamente con un hueso del tarso, el astrágalo (fig. **157**). La horquilla maleolar, formada por la tibia y el peroné, abraza la tróclea astragalina por tres lados. Los ligamentos de la horquilla, tibioperoneal anterior y posterior, que unen entre sí la tibia y peroné en la cara anterior y posterior respectivamente, complementan con la parte revestida de cartílago de su cara interna la cavidad articular.

La *cápsula articular* está adherida en el límite óseo-cartilaginoso; únicamente en el cuello del astrágalo se desliza un fragmento sobre el hueso. En ambos lados la cápsula, normalmente delgada, es reforzada por ligamentos colaterales que irradian a los tarsianos proximales del maléolo interno o externo.

Fig. 157. **Corte horizontal a través del pie derecho: articulaciones del pie y dedos**. Vista dorsal.
(Del 3.[er] al 5.° dedo se han representado los ligg.colaterales. En el 5.° dedo se han dibujado las cápsulas articulares. En el 4.° dedo se han seccionado las cápsulas articulares y han sido abiertas.)

- (verde) Hendidura articular de la articulación astragalocrural
- (rojo) Hendidura articular de las articulaciones intertarsianas
- (amarillo) Hendidura articular de las articulaciones tarsometatarsianas y de las articulaciones intermetatarsianas



1 Falange distal
2 Falange media
3 Falange proximal
4 2.° hueso metatarsiano
5 Articulaciones interfalángicas III
6 Articulación metatarsofalángica III
7 Ligg.colaterales de las articulaciones de los dedos
8 Cápsula articular de las articulaciones de los dedos
9 Cápsula articular seccionada y abierta
10 Ligg.metatarsianos interóseos
11 Cuña interna
12 Cuña intermedia
13 Cuña externa
14 Cuboides
15 Escafoides
16 Calcáneo
17 Astrágalo
18 Tibia
19 Peroné
20 Articulaciones intermetatarsianas
21 Articulaciones tarsometatarsianas
22 Articulación cuneoscafoidea
23 Articulación mediotarsiana
24 Articulación astragalocalcánea
25 Articulación calcaneoscafoidea
26 Articulación tibiotarsiana
27 Pliegue de la membrana sinovial entre el extremo distal de la tibia y el peroné
28 Ligg.tarsometatarsianos interóseos
29 Ligg.interóseos del tarso, denominados según el hueso tarsiano al que están fijados
30 Lig.calcaneoscafoideo, parte del ligamento bifurcado
31 Lig.calcaneoastragalino interóseo
32 Lig.peroneocalcáneo
33 Lig.peroneoastragalino posterior
34 Porción tibioastragalina anterior } del lig.interno
35 Porción tibioscafoidea } del lig.interno
36 Membrana interósea crural

Ligamentos. El *lig.colateral interno (deltoideo)* (figs. **151, 157** y **158),** une el maléolo interno con el astrágalo, *porción tibioastragalina anterior* y *posterior,* con el hueso escafoides, *porción tibioscafoidea,* y con el sustentaculum tali, *porción tibiocalcánea.* El ligamento lateral externo puede dividirse en un *ligamento peroneoastragalino anterior* y *posterior* (figs. **154, 155** y **157**) y un *lig.peroneocalcáneo* situado entre estos dos ligamentos (figs. **149, 154, 157** y **158a**). Los ligamentos colaterales (ante todo el lig.interno (deltoideo)) son extraordinariamente fuertes y evitan un volqueo del pie en la articulación tibiotarsiana. Debido a su disposición en abanico, en cada posición de la articulación están tensadas partes de los ligamentos laterales.

Si se dobla la pierna contra el pie fijado en el suelo, se produce frecuentemente una fractura maleolar o un desgarro horizontal de un ligamento lateral. *Los derrames* en la articulación tibiotarsiana arquean la piel en el dorso del pie en ambos lados de los tendones extensores y delante de ambos maléolos.

Posibilidades de movimiento en la articulación tibiotarsiana. La citada articulación es una articulación en charnela cuyo eje de giro horizontal pasa por el centro de la tróclea astragalina, por la parte peroneal incide en el vértice del maléolo externo y en el lado tibial discurre distalmente con respecto al maléolo tibial. Permite una
– *flexión* (flexión plantar) del pie (= descenso de la punta del pie) de unos 30 ° y una
– *extensión* (flexión dorsal) del pie (= elevación de la punta del pie) de unos 25 °.

Con el pie firmemente asentado, la pierna puede ser inclinada hacia atrás o hacia adelante. En la flexión plantar articula el segmento posterior más estrecho del cóndilo astragalino, de manera que la guía ósea es menos fuerte y son posibles movimientos oscilantes laterales (tocar el fondo con la punta del pie en la oscuridad o en agua turbia). En la flexión dorsal del pie, el segmento condilar anterior más ancho separa ambos bordes de la horquilla maleolar en 2-3 mm. El movimiento de extensión encuentra su fin cuando el cóndilo astragalino está fijado de forma elástica en la horquilla maleolar (= flexión dorsal máxima del pie).

Articulación calcaneoastragalina

La articulación astragalocalcánea (fig. **157**), para la cual en la nominación anatómica no existe ninguna nomenclatura oficial y que podría llamarse *articulación talotarsiana,* consta de un comportamiento posterior, la *articulación astragalocalcánea o subastragalina,* y una cámara anterior, la *articulación astragalocalcaneoscafoidea.* Ambas articulaciones poseen respectivamente una cápsula propia (fig. **158a**). Las cavidades articulares son separadas totalmente por el *lig.calcaneoastragalino interóseo,* cuyas fibras, en parte cruzadas, rellenan el seno del tarso (fig. **149, 157** y **158 a**). Funcionalmente, el compartimiento anterior y posterior constituyen un puesto de movimiento unitario y uniaxial, en el que se mueve la placa

subastragalina contra el astrágalo o –con el pie asentado– el astrágalo contra la placa subastragalina. En la estación sobre una pierna, el cuerpo es balanceado contra el pie en esta articulación.
En la **articulación astragalocalcánea** (fig. **157**), la faceta articular calcánea posterior del astrágalo articula con la faceta articular posterior convexa del calcáneo.

La *cápsula articular* delgada (fig. **158a**) está correspondientemente fijada al límite cartílago-hueso y por todas partes está reforzada por ligamentos.

Ligamentos. El *lig.calcaneoastragalino interno* (fig. **158**) va de la tuberosidad interna de la apófisis posterior del astrágalo hacia el sustentaculum tali en el calcáneo. *El lig.calcaneoastragalino interóseo* (figs. **157** y **158a**), en la pared anterior de la cápsula articular, separa los dos compartimientos de la articulación calcaneoastragalina y une simultáneamente la cápsula de ambas articulaciones. El *lig.calcaneoastragalino externo* (figs. **149** y **158a**) se une como refuerzo de la cápsula hacia fuera y hacia el talón al ligamento interóseo. Fascículos fibrosos dorsales son delimitables como lig.calcaneoastragalino posterior (fig. **158a**). Además, el *lig.peroneocalcáneo* (figs. **155, 157** y **158a**) pasa más allá de la articulación astragalocalcánea.

En la **articulación astragalocalcaneoscafoidea** (fig. **157**), la cabeza articular esférica está formada por la cabeza y el cuello del astrágalo. Las tres facetas articulares del astrágalo se articulan con las correspondientes superficies articulares del calcáneo (faceta articular astragalina anterior y media) y el hueso escafoides. Las caras acetabulares cartilaginosas de ambos huesos del tarso son completadas por ligamentos.

La *cápsula articular* (fig. **158a**) en su mayor parte está fijada a lo largo del límite cartílago-hueso, pero en el cuello del astrágalo se desliza hacia la zona proximal delante del hueso. Su segmento parietal dirigido hacia el talón está incluido en el lig.calcaneoastragalino interóseo. La parte dorsal de la cápsula es reforzada, por el lig.astragaloscafoideo (figs. **151** y **158**), que se dirige desde la cabeza del astrágalo, pasando por la hendidura articular astragaloscafoidea, hasta el hueso escafoides. En la región dorsal interna, la cápsula es recubierta por la *porción tibioscafoidea* del lig.interno, en la parte interna por la *porción tibiocalcánea.*

Ligamentos. El *lig.calcaneoscafoideo plantar* (fig. **158**) va desde el sustentaculum tali hacia la cara plantar e interna del hueso escafoides. Une como pinza ligamentosa el escafoides y el calcáneo, asegura la cabeza del astrágalo en su posición y al mismo tiempo le permite una movilidad limitada. El segmento ligamentoso plantar, en parte cartilaginoso fibroso, complementa la cavidad articular en la cara plantar. El fascículo ligamentoso interno, mucho más fuerte, consta predominantemente de cartílago fibroso. Es tensado por fascículos que desde su borde superior se dirigen oblicuamente a la cara dorsal media del escafoides, y constituyen una placa de impresión para la cabeza del astrágalo sobrecargada, que evita el deslizamiento del astrágalo desde el sustentaculum tali.

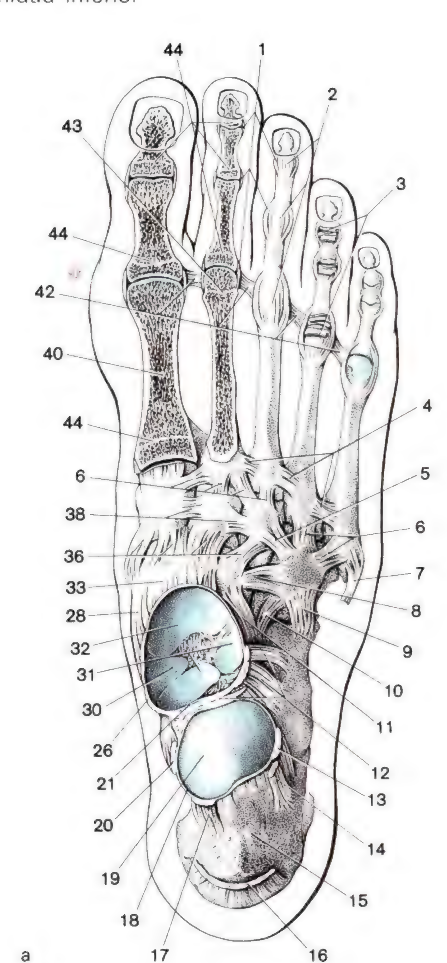
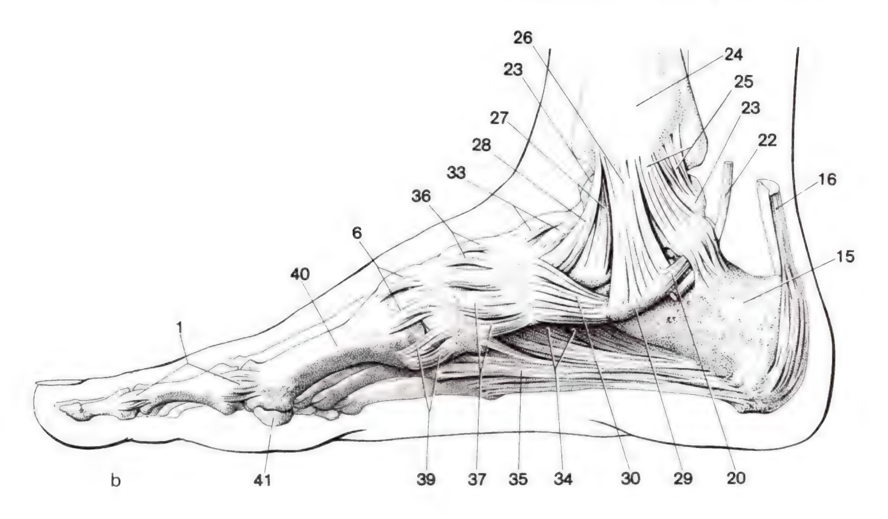


Fig. 158. **Ligamentos de las articulaciones del pie y de los dedos del pie.**
a Vista dorsal
(Compartimientos anterior y posterior de la articulación astragalocalcánea abierta, astrágalo separado. Elementos esqueléticos del 1.er y 2.º radio digital cortados. Cápsulas articulares en el 3.er dedo cerradas. En el 4.º dedo se representan abiertas.)
b Vista interna



1 Ligg.colaterales de las articulaciones de los dedos
2 Cápsulas articulares de las articulaciones de los dedos, cerradas
3 Cápsulas articulares de las articulaciones de los dedos, abiertas
4 Ligg.metatarsianos dorsales
5 Lig.cuneocuboideo dorsal
6 Ligg.tarsometatarsianos dorsales
7 Tendón del m.peroneo corto
8 Ligg.cuboideoscafoideo dorsal
9 Lig.calcaneocuboideo dorsal
10, 11 *Lig.bifurcado*
10 Lig.calcaneocuboideo
11 Lig.calcaneoscafoideo
12 Lig.calcaneoastragalino interóseo
13 Lig.calcaneoastragalino externo
14 Lig.peroneocalcáneo
15 Calcáneo
16 Tendón del m.tríceps femoral = tendón calcáneo
17 "Lig.calcaneoastragalino posterior"
18 Cápsula de la articulación subastragalina, borde de sección
19 Faceta articular astragalina posterior del calcáneo
20 Lig.calcaneoastragalino interno
21 Cápsula de la articulación calcaneoscafoidea, borde de sección
22 Tendón del m.flexor largo del dedo gordo
23 Astrágalo
24 Tibia
25-28 *Lig.interno*
25 Porción tibioastragalina posterior
26 Porción tibiocalcánea
27 Porción tibioastragalina anterior
28 Porción tibioescafoidea
29 Sustentaculum tali
30 Lig.calcaneoscafoideo plantar
31 Faceta articular astragalina media y anterior del calcáneo
32 Faceta articular astragalina del escafoides
33 Lig.astragaloscafoideo
34 Lig.calcaneocuboideo plantar
35 Lig.plantar largo
36 Ligg.cuneoscafoideos dorsales
37 Ligg.cuneoscafoideos plantares
38 Ligg.intercuneiformes dorsales
39 Ligg.tarsometatarsianos plantares
40 1.^{er} hueso metatarsiano
41 Hueso sesamoideo
42 Lig.metatarsiano transverso profundo (conexión plantar de las cabezas de los metatarsianos)
43 Línea epifisaria de osificación distal en los huesos metatarsianos 2.º-5.º
44 Línea epifisaria proximal de osificación en el 1.^{er} metatarsiano y en las falanges

El *lig.calcaneoscafoideo* (figs. **157** y **158a**), que constituye el fascículo interno del lig.bifurcado, pasa en la región dorsal externa de la articulación calcaneoscafoidea, con fibras cortas y rígidas, desde la cara dorsal del extremo distal del calcáneo al borde externo del dorso del escafoides, y completa la cavidad acetabular en su segmento dorsal externo.

Posibilidades de movimiento en la articulación astragalocalcánea. El eje de la articulación, cursando oblicuamente a los planos de orientación del pie y de todo el cuerpo, va desde la zona dorsal interna del cuello del astrágalo hacia atrás, hacia abajo y hacia fuera, a la cara lateral de la tuberosidad calcánea. Cruza el lig.calcaneoastragalino interóseo, cuya superficie está aproximadamente en ángulo recto con respecto al eje articular. El trayecto oblicuo del eje determina que los movimientos en dicha articulación tengan lugar como movimientos compuestos. La articulación astragalocalcánea facilita la

– *supinación* del pie, es decir, el levantamiento del borde interno del pie con simultánea aducción y flexión plantar de la placa subastragalina, y la
– *pronación* del pie, es decir, el descenso del borde interno del pie, acoplado con la abducción y flexión dorsal de la placa subastragalina.

Supinación y pronación del pie son, pues, fundamentalmente distintos de los mismos movimientos que tienen lugar en la mano en las articulaciones radiocubitales. La amplitud de movimiento en la articulación astragalocalcánea es en gran medida dependiente de la edad y también del ejercicio. Las presentes cifras varían por lo tanto notablemente. La medida de la abducción y aducción posible, así como de la pronación y supinación, es en el adulto apenas mayor de 30°, en personas de edad avanzada es bastante menos.

En la articulación astragalocalcánea, el movimiento de supinación es limitado pasivamente ante todo por el lig.calcaneoastragalino interóseo. En caso de supinación más fuerte, son tensados (en la cara externa) también el lig.peroneocalcáneo y el lig.astragalocalcáneo externo. Como ligamentos de limitación en la pronación actúan (en la parte interna) la porción tibiocalcánea del lig.interno y el lig.calcaneoastragalino interno.

Es posible una inhibición activa de la supinación mediante la contracción de los mm.peroneos, y una limitación de la pronación por la contracción del flexor profundo en la pierna.

Otras articulaciones del pie

En las restantes articulaciones del pie no se producen movimientos aislados. Con la excepción de la articulación calcáneo-cuboides, actúan más a modo de muelle y permiten únicamente desplazamientos leves de los elementos esqueléticos en caso de la correspondiente sobrecarga del pie.
La **articulación calcaneocuboidea** (fig. **157**), una articulación independiente con cápsula propia y superficies articulares en silla de montar, permite en el adulto únicamente movimientos de deslizamiento insignificantes

entre el cuboides y el calcáneo, con los cuales se hace posible el ladeamiento exhaustivo de la placa subastragalina.
Ligamentos. El calcáneo y el hueso cuboides se unen entre sí dorsalmente por medio de refuerzos capsulares, *ligg.calcaneocuboideos* (fig. **158a**), y plantar por medio del potente *lig.calcaneocuboideo plantar* (fig. **158b**). El *lig.plantar largo* (fig. **158b**) une los tarsianos en el lado peroneal de la planta del pie. Los fascículos largos superficiales se originan en la cara plantar del calcáneo, pasan por el surco tendinoso del m.peroneo largo y se adhieren a las bases de los huesos metatarsianos 2.º-5.º. Los haces cortos profundos del lig.plantar largo corresponden al lig.calcaneocuboideo anteriormente citado.
Debajo de los ligamentos superficiales *dorsales* yace en la profundidad el *lig.bifurcado* (fig. **158a**) cuyo cordón interno fija el escafoides al calcáneo, *lig.calcaneoscafoideo* (figs. **157** y **158a**), mientras que el ligamento externo va del calcáneo al cuboides, *lig.calcaneocuboideo* (fig. **158a**).
Como **articulación transversa del tarso se comprende el compartimiento anterior** de la articulación calcaneoscafoidea y la articulación calcaneocuboidea conjuntamente. La hendidura articular ligeramente curvada en S, que discurre transversalmente por el tarso (línea articular de Chopart), está situada entre el astrágalo y el calcáneo (proximal) y los huesos escafoides y cuboides (distal). Es interrumpida por la cápsula articular y el lig.bifurcado.

En el siglo pasado, cuando la técnica de construcción de prótesis estaba muy poco desarrollada, una amputación del pie se realizaba frecuentemente en la línea articular de Chopart. Actualmente, la amputación del pie en esta línea posterior de amputación sólo se realiza en situaciones urgentes. La hendidura articular sólo se abre después que, además de los ligamentos superficiales, ha sido seccionado el lig.bifurcado de situación oculta, por lo que este ligamento fue designado como el ligamento llave de la articulación de Chopart.

La *articulación cuneoscafoidea* (fig. **157**), las conexiones articulares de las caras laterales de los tarsianos distales, *articulaciones tarsometatarsianas* (fig. **157**) y las *articulaciones intermetatarsianas* (entre las bases de los metatarsianos, fig. **157**) son anfiartrosis rígidas. Por la acción de fuerzas exteriores (p. ej. de la sobrecarga del peso corporal al asentar el pie) sólo son posibles desplazamientos insignificantes del hueso; únicamente en las dos porciones marginales los elementos esqueléticos son algo más movibles.

Ligamentos. También las hendiduras articulares entre los tarsianos distales son superadas por ligamentos cortos, potentes en la región plantar y más débiles dorsalmente, que son denominados según los huesos tarsianos a los que se adhieren. Todos los ligamentos plantares en la región del tarso se resumen con la designación *ligg.plantares del tarso* (fig. **158a**), los ligamentos dorsales como *ligg.dorsales del tarso* (fig. **158**) y los ligamentos interóseos que se extienden entre el astrágalo y el calcáneo, así como entre los tarsianos distales, se denominan *ligg.interóseos del tarso* (fig. **157**).

Los *ligg.intercuneiformes interóseos* unen las cuñas entre sí, el *lig.cuneocuboideo interóseo* se extiende desde el hueso cuneiforme III al cuboides.
Los *ligg.tarsometatarsianos plantares* (fig. **158a**), *dorsales* (fig. **158**) e *interóseos* (fig. **157**) se extienden desde los tarsianos distales a las bases de los huesos metatarsianos, que se mantienen unidos por los *ligg.metatarsianos plantares, dorsales* (fig. **158a**) e *interóseos* (fig. **157**). Los *ligg.tarsometatarsianos interóseos* dividen la línea articular entre los tarsianos y metatarsianos, la línea articular de Lisfranc, en tres cavidades articulares. La hendidura articular unitaria entre el 2.º y 3.^{er} hueso metatarsiano y los huesos cuneiformes II y III se continúa casi siempre en la articulación cuneoescafoidea. Las articulaciones tarsometatarsianas IV y V están igualmente encerradas en una cápsula común.

La línea articular de Lisfranc, que, análogamente a la línea articular de Chopart, en situaciones de urgencia debe ser elegida como "línea anterior de amputación", comienza en el borde externo del pie, detrás de la tuberosidad del 5.º hueso metatarsiano palpable a través de la piel, y termina en el borde interno del pie detrás de la tuberosidad del 1.^{er} metatarsiano. Por medio de la base del 2.º metatarsiano que sobresale en sentido proximal es doblada en ángulo a nivel del 2.º radio.

Irrigación arterial de las articulaciones del pie. A las cápsulas articulares de las articulaciones tarsocrurales acuden ramas de todas las arterias vecinas (ramas de las aa.tibiales anterior y posterior y de la a.peronea, que forman redes arteriales en el maléolo interno y externo, así como en el calcáneo). En cápsulas articulares de las articulaciones tarsianas distales y de las tarsometatarsianas se esparcen ramas de las aa.plantares interna y externa (en la cara plantar), así como de la a.dorsal del pie (en la cara dorsal).
Inervación de las cápsulas articulares de las articulaciones del pie. La cápsula de la articulación tibiotarsiana es inervada por ramos del n.tibial (lado interno), del n.dorsal profundo (cara dorsal) y probablemente del n.femoral (en la cara externa). En las restantes articulaciones del pie se esparcen ramos del n.peroneo profundo y de los nn.plantares interno y externo.

Posibilidades de movimiento en las articulaciones del pie. Mediante la combinación de movimientos en la articulación tibiotarsiana y talotarsiana, así como en la articulación transversa del tarso, el pie puede ser movido voluntariamente en torno a tres ejes primordiales. La acción conjunta de estas articulaciones garantiza las posibilidades de movimiento de una articulación esférica, con lo que el acoplamiento forzado de movimientos, tal como existe para la pro- y supinación en la articulación talotarsiana, está ampliamente neutralizado.
A partir de la posición normal, en la que el eje longitudinal del pie (a través del calcáneo y del 2.º hueso metatarsiano) es vertical respecto a la línea de soporte de la pierna y a una línea que une ambos maléolos, el pie del individuo adulto puede ser objeto de
– *flexión plantar* (por encima del 60º) y *flexión dorsal* (unos 45º),
– *abducción* y *aducción* en algo más de 30º,
– *ladeamiento*, de manera que el borde interno del pie está situado casi verticalmente sobre el borde externo, mientras que el borde externo del pie no puede levantarse en la misma medida.

El espacio de movimiento en las articulaciones del pie es máximo en el recién nacido y lactante y a una edad más avanzada se hace progresivamente menor. Puede ampliarse con el ejercicio.

c) Acción de los músculos y grupos musculares sobre las articulaciones del pie

Todos los músculos que pasan por las articulaciones del pie actúan conjuntamente en los movimientos del pie, en el sentido de que provocan, estimulan, modifican o frenan los movimientos. A diferencia de lo que ocurre en las auténticas articulaciones esféricas, aquí los tendones no pueden sobrepasar los ejes articulares, ya que son fijados a los huesos (y con ello también a los ejes) por medio de ligamentos.

En la posición normal del pie cursan los tramos terminales de los tendones
- de todos los flexores: *detrás* del eje horizontal de la articulación tibiotarsiana y *por dentro* del eje oblicuo de la articulación astragalocalcánea,
- de los mm.peroneos: *detrás* del eje transverso de la articulación tibiotarsiana y por fuera del eje oblicuo de la articulación astragalocalcánea,
- del m.tibial anterior: *delante* del eje transverso de la articulación tibiotarsiana, *en parte por dentro, en parte por fuera* del eje oblicuo de la articulación astragalocalcánea,
- el m.extensor largo de los dedos (inclusive el m.peronaeus tertius) y del m.extensor largo del dedo gordo: *delante* del eje transverso de la articulación tibiotarsiana y *por fuera* del eje oblicuo de la articulación talotarsiana.

Todos los músculos que cruzan dorsalmente el eje transverso de la articulación tibiotarsiana descienden la punta del pie, o, con el pie apoyado, llevan la pierna hacia atrás. Todos los músculos que cursan por delante del eje transverso elevan la placa subastragalina o traccionan la pierna contra el dorso del pie. Los músculos que pasan por la cara interna del eje oblicuo de la articulación tibiotarsiana llevan el pie en dirección tibial y levantan el borde interno del pie. Con el pie asentado, giran la pierna hacia fuera y lo inclinan hacia dentro. Todos los músculos que cruzan externamente el eje oblicuo abducen el pie en dirección peroneal y elevan el borde externo del mismo. Inversamente, pueden rotar la pierna algo hacia dentro e inclinarlo hacia fuera. Mediante movimientos antagónicos en la articulación transversa del tarso, en caso de una aducción o abducción del pie, el componente supinador o pronador en la articulación astragalocalcánea puede ser reprimido o el pie puede ladearse en torno al eje longitudinal.

Como quiera que el tendón del m.extensor largo del dedo gordo y la porción externa del tendón del m.tibial anterior cruza por fuera el eje de la articulación astragalocalcánea, pero el eje longitudinal del pie por dentro, en la posición normal del pie son pronadores en la articulación astragalocalcánea y supinadores en la articulación transversa del tarso.

El astrágalo, puesto que no se adhiere a él ningún músculo, no puede ser inmediatamente movido ni fijado mediante tracción muscular.

El pie es

– *flexionado en sentido plantar* por el m.tríceps sural, que aporta casi el 90 % del posible rendimiento muscular, y el m.flexor largo del dedo gordo (5 %),
  mientras los restantes flexores profundos y los dos mm.peroneos sólo realizan un trabajo relativamente insignificante y los mm.peroneos compensan la acción supinadora de los flexores;

– *flexionado en sentido dorsal* por los extensores (ante todo por el m.tibial anterior y en menor medida por los mm.extensor largo de los dedos y extensor largo del dedo gordo);

– *supinado*, ante todo por el m.tríceps sural (más del 50 % del rendimiento) y el m.tibial posterior,
  a lo que contribuyen los mm.flexor largo del dedo gordo y flexor largo de los dedos, y el m.tibial anterior (en la articulación transversa del tarso y, a partir de una posición de supinación, en la articulación astragalocalcánea, así como el extensor largo del dedo gordo (en pequeño grado solamente en la articulación transversa del pie);

– *pronado* mediante los dos mm.peroneos, que casi siempre aportan dos tercios del posible rendimiento por medio del m.extensor largo de los dedos y —en caso de que exista— el m.peronaeus tertius,
  en lo que son protegidos por los mm.tibial anterior y extensor largo del dedo gordo, que únicamente pueden pronar en la articulación astragalocalcánea.

El posible rendimiento del *m.tríceps sural* supera cuatro veces la de todos los flexores dorsales. Realiza el trabajo principal en la deambulación, levanta el talón del suelo y levanta la carga corporal en la punta del pie (lo que no pueden hacer los flexores profundos por sí solos).

Por el sobrepeso funcional de los flexores plantares, en los pacientes que guardan cama amenaza el peligro de la posición en pie equino (extrema flexión plantar del pie). Para las férulas de yeso, el pie debe inmovilizarse en posición de flexión en ángulo recto con la pierna.

Aunque el m.tríceps se inserta en la palanca corta del pie, su momento de giro es esencialmente más favorable que el de los restantes flexores plantares, ya que sus tendones discurren a menor distancia del eje frontal de la articulación tibiotarsiana (y por ello el brazo virtual de palanca es más corto). Unicamente el tendón del m.flexor largo del dedo gordo discurre en la apófisis posterior del astrágalo a cierta distancia del eje de giro. Simultáneamente, el m.tríceps es el supinador más potente (y aductor) del pie, cuyo posible rendimiento equivale a todos los pronadores. (La posibilidad de trabajo de *todos* los supinadores es aproximadamente dos veces tan grande como los pronadores.)
El *m.sóleo* asegura en la bipedestación la extensión de la articulación de la rodilla en el sentido de que tracciona la pierna hacia atrás y evita un doblamiento. Los *gemelos* no desempeñan ningún papel de importancia en la flexión de la articulación de la rodilla. Mediante una flexión máxima de la rodilla, el músculo puede, sin embargo, ser relajado de tal manera que su acción flexora plantar sobre las articulaciones tibiotarsianas disminuye notablemente (insuficiencia activa). Sólo con la

articulación de la rodilla extendida se presenta el completo rendimiento de los m.gemelos en la flexión plantar del pie.

Los *extensores* participan en el movimiento progresivo en el sentido de que mediante la flexión dorsal del pie acortan la pierna libre oscilante y facilitan un paso de más alcance. Los *flexores profundos* y los *mm.peroneos*, en un terreno no llano, colocan el pie de manera que se adapte a la forma y constitución del suelo.

El *m.flexor largo del dedo gordo* desempeña un importante papel en el rodamiento del pie hacia fuera sobre el dedo gordo. El *m.flexor largo de los dedos* comprime los dedos contra el suelo. Ambos músculos ayudan en la bipedestación a relajar activamente la arcada longitudinal. El m.flexor largo del dedo gordo evita el descenso del sustentaculum tali hacia la planta y hacia dentro. El *m.tibial posterior* regula la longitud y la tensión del lig.calcaneoscafoideo plantar, al que recubre con su estuche tendinoso por la parte plantar.

La *bóveda transversa del pie* es asegurada por la tracción transversa ejercida por los *mm.tibial posterior* y *peroneo largo* en sentido contrario (fig. **159**). Si el equilibrio entre los supinadores del pie (ante todo el m.tríceps femoral y tibial posterior) y los pronadores está alterado a favor de estos últimos, entonces los mm.peroneos obligan al calcáneo a una progresiva posición de pronación que es de importancia causal para el origen del pie plano.

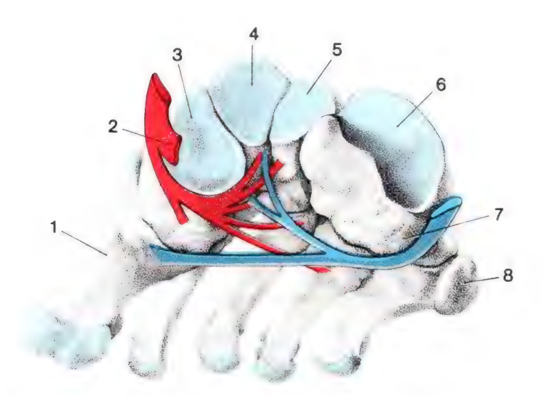


Fig. 159. **Tirantes musculares de la bóveda transversal.**
Tendón de inserción del m.tibial posterior (rojo)
Tendón de inserción del m.peroneo largo (azul)

1 1.^er hueso metatarsiano
2 Haz tendinoso del m.tibial posterior a la tuberosidad del hueso escafoides
3 Cuña interna
4 Cuña intermedia
5 Cuña externa
6 Hueso cuboides
7 Tuberosidad del hueso cuboides
8 Tuberosidad del 5.º hueso metatarsiano

Los dos mm.peroneos intentan levantar el borde externo del pie, y el m.peroneo largo —en caso de fallo de su antagonista— intenta descender el borde interno del pie, de manera que el hueco de la planta se aplana.

Parálisis. En una lesión del n.tibial por debajo de la fosa poplítea, que únicamente produce una parálisis de los *flexores profundos* (y de los *músculos de la planta del pie*), la flexión plantar y la supinación en las articulaciones tibiotarsiana y astragalocalcánea no están limitadas de manera notable. En la marcha, esta parálisis sólo se hace perceptible cuando el pie no puede rotar hacia fuera sobre el dedo gordo. Una alteración evidente se observa en la construcción en bóveda del pie, ya que por una parte es imposible la contracción longitudinal activa y por otra se hunde la bóveda transversa. Los *mm.peroneos* reciben el sobrepeso y aplanan el pie medio y delantero. Si está también paralizado el *m.tríceps sural* ya no son posibles la flexión plantar del pie con fuerza y el ponerse de puntillas. En la marcha, el pie no puede ser abducido. Dado que todos los supinadores son deficitarios, el pie se encuentra en posición de pronación. Secundariamente puede implantarse un acortamiento persistente de los extensores, que conduce a una posición del pie característica: pie calcáneo (flexión dorsal del pie combinada con pronación).
En una parálisis de los *extensores* la punta del pie no puede levantarse. En la marcha, en la fase de pierna móvil, el paciente debe flexionar más intensamente el muslo en la articulación de la cadera, y la pierna en la articulación de la rodilla (marcha del bailarín), con el fin de que el pie no roce el suelo. Mediante el acortamiento de los flexores (como consecuencia de la parálisis de los extensores) es producida lentamente una posición en pie equino (flexión plantar). Si están paralizados también los *mm.peroneos*, entonces no es posible la pronación. El pie está en flexión plantar y supinación (pie equinovaro).

3. Pie y dedos

a) Elementos esqueléticos de los dedos

Las **falanges** corresponden en número, disposición y configuración básica a las falanges de los dedos de la mano, pero son esencialmente más cortas. Distinguimos en el 2.º-5.º dedo una falange *proximal*, una *media* y una *distal*, y en el dedo gordo una falange proximal y una distal (figs. **153** y **157**).

El extremo proximal de cada falange se denomina *base falángica*, la diáfisis *cuerpo* y el extremo distal *cabeza falángica* (fig. **153**). En las falanges distales es aplanado y ensanchado en sentido plantar en la *tuberosidad de la falange distal*. Las falanges del dedo gordo son extraordinariamente fuertes. El dedo gordo (en un

65 %) o el 2.º dedo (en un 21 %) son los más largos, en aproximadamente 13 % de los casos el 1.º y 2.º dedo son iguales de largos. La falange media y distal del 5.º dedo, en más de un tercio de los casos están fusionadas en sinostosis.

Las falanges distales no es raro que estén subdesarrolladas. El número de las falanges (en casos raros) puede estar aumentado a cuatro, el número de dedos a seis.

La **osificación** de las falanges (fig. **117**) comienza en las diáfisis de las falanges distales en la 9.ª semana embrionaria, mientras que las diáfisis de las falanges proximales comienzan a osificarse en el 5.º mes fetal y las falanges medias alrededor del 8.º mes fetal. Los núcleos epifisarios proximales (fig. **158a**) se presentan en la falange proximal y en la falange media casi siempre entre el 1.º y 2.º año de vida, en la falange distal después del 2.º año. Ocasionalmente, los extremos proximales de las falanges de los dedos osifican a partir de la diáfisis. Las líneas epifisarias se cierran entre los 13 y 20 años.

Posiciones defectuosas de los dedos. Mientras que en el recién nacido y lactante los dedos siguen la dirección de los metatarsianos, en el adulto –a consecuencia de la acción compresiva de los calcetines y zapatos– el dedo gordo y el pequeño están doblados hacia dentro con respecto al eje longitudinal que pasa a través del 2.º metatarsiano y el 2.º dedo. Una desviación externa del dedo gordo de 10-15° se considera todavía como fisiológica. En Europa Central este valor es más o menos superado en más de 2/3 de la población.

Esta posición defectuosa del dedo gordo, que se presenta especialmente en el sexo femenino y que aumenta con la edad, es denominada *hallux valgus*. Se acompaña de un aplanamiento de la bóveda longitudinal del pie. El dedo gordo puede al mismo tiempo estar subluxado en la articulación proximal. De manera análoga, también el 5.º dedo puede estar desviado (hacia dentro) con lo que el 5.º metatarsiano se abre hacia fuera.

Se habla de *dedo en martillo* cuando éste (casi siempre el 2.º dedo) está hiperextendido en la falange proximal, y en la articulación distal está en flexión extrema. El dedo en martillo casi siempre está unido a otras deformidades del pie.

b) Cápsulas y ligamentos de las articulaciones de los dedos

Las **articulaciones metatarsofalángicas** (fig. **157**) son, según la forma de las superficies articulares, articulaciones esféricas, con lo que la cabeza esférica del metatarsiano posee una superficie articular más extensa que la cavidad acetabular pequeña y plana en las bases de las falanges proximales.
Las *cápsulas articulares* delgadas en la cara dorsal (figs. **157** y **158a**) son reforzadas en la parte plantar por placas conjuntivales de fibras resistentes, los *ligg.plantares.* En el lig.plantar del dedo gordo existen incluidos

dos huesos sesamoideos (figs. **151** y **158b**), en el 5.º dedo con frecuencia existe un hueso sesamoideo (peroneal).
Ligamentos. Los ligamentos colaterales (figs. **157** y **158**) discurren algo oblicuamente desde proximal y dorsal hasta distal plantar. Las cabezas de todos los metatarsianos están unidas entre sí en la cara plantar por el *lig. metatarsiano transverso profundo* (fig. **158a**).
Posibilidades de movimiento. Las *articulaciones proximales* permiten activamente una *flexión plantar* de hasta 40°, una flexión dorsal de unos 55° (pasivamente casi 90°). La voluntaria abducción de los dedos es sólo posible en extensión o hiperextensión de manera individualmente variable. La abducción y la rotación (pasiva) de los dedos con la progresiva flexión plantar están cada vez más limitadas debido a la tensión de los ligamentos colaterales dispuestos excéntricamente.

En las articulaciones proximales de los dedos no son realizables movimientos activos de rotación (al igual que en las articulaciones proximales de los dedos de las manos).
Entre las articulaciones proximales de los dedos vecinos existen frecuentemente pequeñas vainas sinoviales.

Las **articulaciones medias** y **distales de los dedos**. Las articulaciones interfalángicas (figs. **157** y **158**) son, como las correspondientes articulaciones de los dedos, articulaciones en charnela puras, con un surco de conducción en la cabeza articular de situación proximal y una cinta de conducción en la cavidad articular distal. Los movimientos de flexión y extensión son guiados por los *ligg.colaterales* (figs. **157** y **158**).
Posibilidad de movimiento. A partir de la posición de extensión, *las falanges medias* pueden ser *flexionadas* en unos 90°, las distales pueden realizar la *flexión plantar y dorsal* en unos 45°.
Posición de los dedos. Con el pie sin sobrecarga, los dedos se encuentran en flexión dorsal leve en las articulaciones proximales; las articulaciones media y distal están algo flexionadas en sentido plantar. Con sobrecarga en el pie anterior, los dedos 2.º-4.º son apretados y curvados contra el suelo con la falange media y distal por medio de los flexores de los dedos; el dedo gordo yace plano en el suelo. En la posición de puntilla, que ante todo es una posición sobre las cabezas de los metatarsianos, las falanges proximales están en flexión dorsal (pasiva), y las medias y distales del 2.º-4.º dedo están en flexión plantar. Las cabezas de los metatarsianos se diferencian entre sí en leve grado, de manera que la superficie de apoyo se ensancha. El dedo gordo, fijado por el flexor del dedo gordo, constituye un potente punto de apoyo de la tibia.

La *inervación* de las cápsulas articulares corresponde, en las articulaciones de los dedos, a la inervación de la piel. En la cara plantar van ramos del n.plantar interno a los 3 $^1/_2$ dedos internos; a los 1 $^1/_2$ dedos externos van ramos del n.plantar externo, cuyo ramo profundo da igualmente ramos para las articulaciones proximales de los dedos 2.º-5.º. En la cara dorsal, ramos del n.peroneal superficial van a las articulaciones de los dedos. Unicamente en los lados que se miran entre sí del 1.er y

2.º dedo, las cápsulas articulares son inervadas en la parte dorsal por el ramo principal del n.peroneo profundo, y las articulaciones proximales del 4.º y 5.º dedo también por el n.cutáneo dorsal externo (el ramo terminal del n.femoral).
Surco digital. En la planta del pie, la yema del dedo gordo y la yema común de los dedos (2.º-5.º dedo) están separadas de las distintas cúpulas digitales por el surco digital transverso (figs. **153, 161**). En el dedo gordo, este surco es suave y permite distinguir casi siempre un pliegue de flexión proximal y uno distal, que yacen en la zona de falange proximal. En los dedos restantes, el surco digital es más profundo. En la flexión plantar de los dedos desciende hacia la falange media. Las falanges proximales del 2.º-5.º dedo están en su mayor parte en yemas comunes. Para la exacta determinación de la posición de la hendidura articular no puede ser utilizado el surco digital.

c) Disposición e inervación de los músculos cortos del pie

La musculatura del pie consta de los músculos de la planta del pie (flexores), que son inervados por el n.tibial, y de los músculos del dorso del pie (extensores), que son inervados por el nervio tibial anterior. En el hombre, los correspondientes músculos dorsales de la mano no están desarrollados.

Músculos del dorso del pie

Fascia dorsal del pie. Como continuación distal de la fascia crural, la *fascia dorsal del pie* (fig. **163**) reviste los tendones de los músculos extensores largos que nacen en la pierna y los extensores cortos en el dorso del pie. La fascia está fijada a los dos maléolos, y por haces conjuntivales a los elementos esqueléticos del pie. En la parte proximal, la fascia dorsal del pie está reforzada por ligamentos oblicuos y transversales que se pueden aislar artificialmente como *lig.cruzado de la pierna*; en la parte distal penetra en la aponeurosis dorsal de los dedos.

En la profundidad del dorso del pie se extiende, en el esqueleto, una capa de tejido conjuntivo laxo que está unido con los ligamentos dorsales de la articulación del pie. La zona de tejido conjuntivo, ocasionalmente también denominada hoja profunda de la *fascia dorsal del pie* (fig. **163**), limita el dorso del pie (incompletamente) en la región del metatarso, frente a los espacios interóseos, "*espacios interóseos metatarsianos*". En la capa conjuntival discurren —desde la cámara de los extensores de la pierna y como continuación del cordón vásculo-nervioso— la arteria dorsal del pie con venas satélites y vasos linfáticos profundos, así como el n.peroneo profundo.

Los tendones de los extensores largos en la zona de los ligamentos de los mm.extensores están protegidos frente a la presión y rozamientos por vainas tendinosas (figs. **149** y **151**) que fueron descritas en los distintos músculos. La vaina tendinosa del m.extensor largo del dedo gordo es la que llega más lejos hasta la base del 1.^{er} metatarsiano.

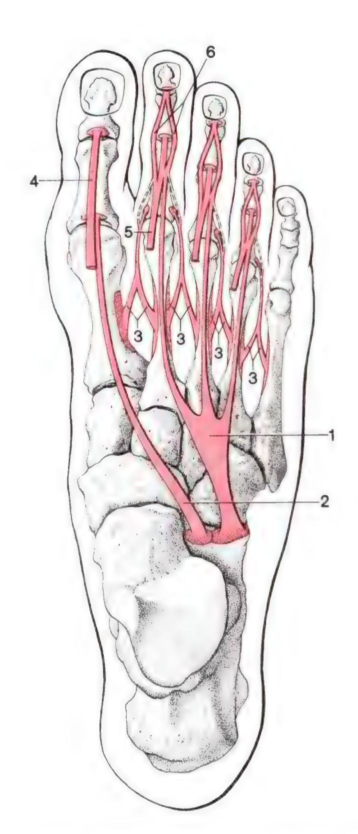


Fig. 160. **Músculos del dorso del pie y mm.interóseos dorsales.**
1 M.pedio
2 M.extensor corto del dedo gordo
3 Mm.interóseos dorsales
4 Tendón del m.extensor largo del dedo gordo
5 Tendón del m.extensor de los dedos al 2.º dedo
6 Aponeurosis dorsal del 2.º dedo

El **m.extensor corto del dedo gordo** (figs. **149** y **160**) nace en la cara dorsal del calcáneo y del ligamento astragalocalcáneo interóseo. Inserta en la falange proximal del dedo gordo.

Inervación: N.tibial anterior.

Los ramos del m.extensor corto del dedo gordo y extensor corto de los dedos parten del n.peroneo profundo, debajo del lig.cruzado de la pierna.

El **m.extensor corto de los dedos** (1) (figs. **149** y **160**) va desde la cara dorsal externa del calcáneo a la aponeurosis dorsal del 2.º-4.º dedo, y a veces también al 5.º dedo.

Inervación: N.tibial anterior.

(1) N. del T.: Este músculo, junto con el anterior, constituyen el denominado "músculo pedio".

Los dos músculos forman una unidad sólo incompletamente dividida. Al 5.º dedo va casi siempre un fascículo tendinoso correspondiente del m.peroneo corto, en ocasiones también del m.peroneo tertius.

Músculos de la planta del pie

Los músculos de la planta del pie están esencialmente más desarrollados de lo que permiten esperar las posibilidades de movimiento de las articulaciones por las que pasan. Son predominantemente *músculos de sostén* que, ante todo, tensan activamente la bóveda longitudinal del pie y que con la progresiva sobrecarga del mismo aumentan su tono, de manera que no se produzca ningún aplanamiento (digno de mención) de la bóveda.

En individuos de fuerte musculatura, los músculos llenan la bóveda de la planta del pie, de manera que en este caso una reducida bóveda no permite deducir la existencia de un pie plano.

Aponeurosis plantar. En la cara plantar, la fascia de la planta del pie es relativamente delgada; por el contrario, en su parte media está reforzada por una placa resistente de tejido conjuntivo que es llamada *aponeurosis plantar* (fig. **163**). En el talón está fijada de manera ancha en la tuberosidad calcánea, en el pie anterior con evaginaciones en forma de prolongaciones en los ligg.plantares de las articulaciones proximales (incluida la articulación proximal del dedo gordo) y en las vainas digitales (vainas fibrosas de los dedos del pie). Las prolongaciones tendinosas están unidas entre sí por fascículos transversos.

Más lejos distalmente existen fascículos fibrosos que ya no están en conexión con la aponeurosis plantar y que penetran en los pliegues cutáneos interdigitales. En su totalidad son denominados *lig.transverso metatarsiano superficial.*

La aponeurosis plantar constituye una tensión pasiva importante, ante todo de la bóveda longitudinal del pie, mientras que fibras transversales ayudan a asegurar la bóveda transversa.

La aponeurosis protege a los músculos subyacentes, tendones y vías de conducción. Su parte cercana al talón sirve simultáneamente como zona de origen para los flexores cortos de los dedos.
Numerosas laminillas conjuntivales superficiales, que contienen gran cantidad de fibras elásticas, unen la aponeurosis plantar con el corion del pie. Envuelven el tejido adiposo subcutáneo en compartimientos muy llenos y deformables, que no son desplazables con respecto a la piel y esqueleto y que reciben la presión y la distribuyen: almohadillado de la planta del pie.

De la aponeurosis plantar, en el borde interno y externo respectivamente se hunde un tabique de tejido conjuntivo hacia el esqueleto del pie (por dentro al 1.er metatarsiano, cuña interna y hueso escafoides; por fuera al 5.º metatarsiano y al lig.plantar largo). Los dos tabiques limitan (no totalmente) tres *compartimientos musculares* para los músculos plantares del pie, el *estuche del dedo gordo* para los músculos del mismo, el *estuche medio* para los músculos de la mitad de la planta, y el *estuche del dedo pequeño* para la musculatura del mismo.

En el compartimiento medio, que es cerrado superficialmente por la aponeurosis plantar, corre desde la pierna el estuche de los flexores profundos. Distalmente, el tejido conjuntivo del compartimiento medio se continúa en el subcutis de los dedos. En los dos compartimientos marginales existen numerosas comunicaciones a lo largo de los tabiques por los que pasan vasos y nervios.
En la profundidad de la planta del pie, el compartimiento muscular medio es separado de los espacios interóseos metatarsianos por una capa de tejido conjuntivo. La zona de tejido conjuntivo, también llamada fascia profunda de la planta del pie (fig. **163**) es suprayacente al esqueleto del pie en la parte plantar, proximal está en comunicación con el lig.plantar largo, y distal con el lig.metatarsiano transverso profundo. En esta capa profunda de fascia discurren el arco (arterial) plantar, el arco venoso plantar y el ramo profundo del n.plantar externo.

Músculos del dedo gordo

El **m.abductor del dedo gordo** (figs. **151, 161, 163** y **166**) nace de la apófisis interna de la tuberosidad calcánea, del lig.anular interno del tarso y de la aponeurosis plantar. Se inserta, a través del hueso sesamoideo interno, en la cápsula de la articulación proximal del dedo gordo y en la 1.ª falange proximal.

Inervación: N.plantar interno.

El n.plantar interno da en la región tarsiana los ramos para los mm.abductor del dedo gordo y flexor corto de los dedos. A partir de un ramo terminal interno, que penetra en el estuche del dedo gordo, se ramifica el ramo muscular para el fascículo interno del flexor corto del dedo gordo. El ramo distal externo emite en el compartimiento medio los ramos para los mm.lubricales I, II (III).

El **m.flexor corto del dedo gordo** (figs. **151, 161** y **162**) tiene su origen en los huesos cuneiformes, el lig.calcaneocuboideo plantar y en el tendón del m.tibial posterior. Se inserta con su fascículo interno —conjuntamente con el tendón del m.abductor del dedo gordo— a través del sesamoideo interno, y con su fascículo externo —junto con el tendón del m.aductor del dedo gordo— mediante el sesamoideo externo respectivamente en la cápsula de la articulación proximal y en la falange proximal.
Inervación: Fascículo interno por el n.plantar interno; fascículo externo por el n.plantar externo.
El **m.aductor del dedo gordo** (figs. **161, 163** y **166**) se origina con el fascículo oblicuo del hueso cuboides, de la cuña externa, de los ligamentos profundos y las bases de los metatarsianos 2.º-4.º. El fascículo transverso procede de las articulaciones proximales de los dedos 3.º-5.º y del lig.metatarsiano transverso profundo. El tendón distal común de ambos fascículos se inserta a través del sesamoideo externo en la cápsula de la articulación proximal y en la falange proximal del dedo gordo.

El músculo está cubierto por los tendones del m.flexor largo de los dedos y por el m.flexor corto de los dedos casi totalmente. Unicamente la inserción y la zona marginal interna del fascículo oblicuo yacen en el compartimiento del dedo gordo.

Inervación: N.plantar externo.

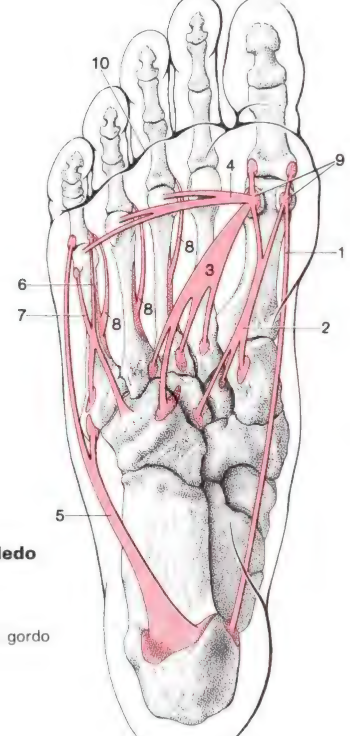


Fig. 161. **Músculos del dedo gordo y del dedo pequeño.** Vista plantar.

1 M.abductor del dedo gordo
2 M.flexor corto del dedo gordo
3 Fascículo oblicuo } del m.aductor del dedo gordo
4 Fascículo transverso } del m.aductor del dedo gordo
5 M.abductor del dedo pequeño
6 M.flexor del dedo pequeño
7 M.oponente del dedo pequeño
8 Mm.interóseos plantares
9 Huesos sesamoideos
10 Surco digital transverso

Músculos del dedo pequeño

El **m.abductor del dedo pequeño** (figs. **149, 161, 163** y **166**) nace en la cara plantar del calcáneo (ante todo de la apófisis externa de la tuberosidad calcánea), de la aponeurosis plantar y de la tuberosidad del 5.º hueso metatarsiano. Se inserta en la falange proximal del 5.º dedo.

Inervación: N.plantar externo.

El n.plantar externo da en la zona del calcáneo ramos para los mm.abductor del dedo pequeño y cuadrado plantar, envia a través del r.superficial el ramo muscular para el flexor corto del dedo pequeño, e inerva a través del r.profundo el facsículo externo del m.flexor corto del dedo gordo, el m.aductor del dedo gordo, los mm. lumbricales (II) III y IV, todos los mm.interóseos y el m.oponente del dedo pequeño.

Los mm.flexor corto del dedo pequeño y oponente del dedo pequeño (figs. **161** y **163**) se originan, con un tendón de origen común, de la base del 5.º hueso metatarsiano, del lig.plantar largo y de la vaina tendinosa del m.peroneo largo. El flexor corto del dedo pequeño se inserta en la base de la falange proximal del 5.º dedo, el m.oponente en la cara externa del 5.º metatarsiano.

Inervación de ambos músculos: N.plantar externo.

Músculos de la parte media de la planta

El **m.flexor corto de los dedos** (figs. **151, 162** y **163**) nace de la cara inferior de la tuberosidad calcánea y del segmento de la aponeurosis plantar cercana al talón. Sus tendones se desdoblan por las falanges proximales del 2.º-5.º dedo ("m.perforado"), abrazan los tendones del m.flexor largo de los dedos ("m.perforante") entre sí y se insertan en las falanges medias del 2.º-5.º dedo.

Los tendones del flexor corto y largo de los dedos están envueltos en la zona de los dedos por *vainas tendinosas*, las *vainas sinoviales tendinosas de los dedos del pie*, que, sin embargo, no empiezan hasta el cuarto distal de los metatarsianos. El tendón del m.flexor corto de los dedos para el 5.º dedo puede faltar.

Inervación: N.plantar interno.

El **m.cuadrado plantar** (figs. **151** y **162**) se origina en la cara plantar del calcáneo y se adhiere al tendón (o tendones) del m.flexor largo de los dedos. Se denomina también *m.flexor accesorio* porque corrige la dirección de tracción de los tendones terminales del flexor largo de los dedos (en el sentido de una flexión plantar de los dedos).

Ante todo, los tendones para los dedos externos van oblicuamente por los metatarsianos antes de que por medio de vainas fibrotendinosas sean fijados en la dirección longitudinal de los dedos. El trayecto oblicuo de estos tendones, mediante la contracción del m.cuadrado plantar, es desviado en la dirección longitudinal de los metatarsianos.

Inervación: N.plantar externo.

Los cuatro **mm.lumbricales** (fig. **163**) se extienden desde los tendones del m.flexor largo de los dedos al borde interno de las falanges proximales del 2.º5.º dedo.

El m.lumbrical nace con un fascículo en el borde interno del tendón para el 2.º dedo, los mm.lumbricales 2.º-4.º bipennados proceden de las caras oponentes de los tendones del flexor largo de los dedos. Los mm.lumbricales pasan por la parte plantar del ligamento metatarsiano transverso profundo, del que están separados por pequeñas bolsas sinoviales.

Inervación: Los mm.lumbricales I-II son inervados por el nervio plantar interno, los dos mm.lumbricales externos por el nervio plantar externo.

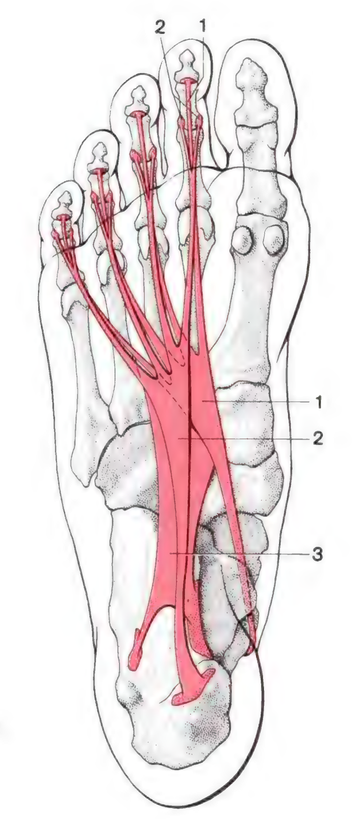


Fig. 162. **Flexor corto y largo de los dedos.**
Vista plantar.
1 M.flexor largo de los dedos ("m.perforante")
2 M.flexor corto de los dedos ("m.perforado")
3 M.cuadrado plantar (m.flexor accesorio)

Músculos en los espacios interóseos metatarsianos

En los espacios interóseos metatarsianos, los mm.interóseos están delimitados por zonas conjuntivales profundas en la planta del pie y por los m. de la zona media de la planta y los extensores cortos de los dedos. Genéticamente, tanto los mm.interóseos plantares como los situados más dorsalmente en los espacios interóseos dorsales son músculos ventrales y son inervados por el nervio plantar externo.

Los tres **mm.interóseos plantares** (figs. **161** y **163**) se extienden desde la cara plantar de los metatarsianos 3.º-5.º y desde el ligamento largo a la cara interna de las bases de las falanges proximales del 3.er-5.º dedo; casi nunca llegan a la aponeurosis dorsal de los dedos.

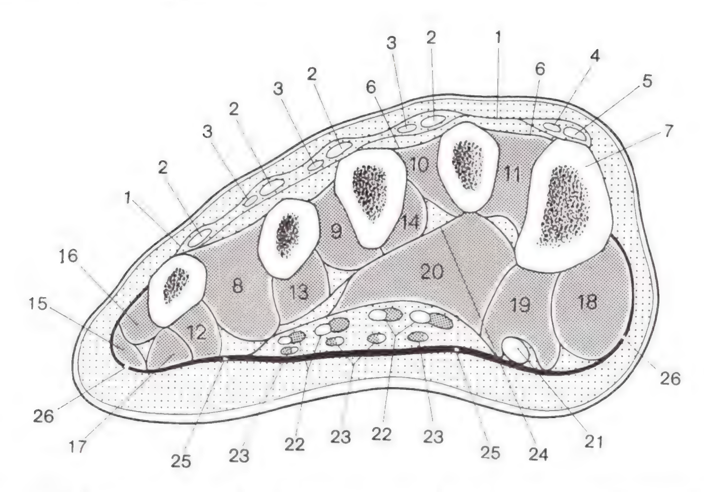


Fig. 163. **Corte transversal en el tercio medio del pie derecho, disposición de las fascias, músculos y tendones.** Vista distal de la superficie de corte. (Denominación de vasos y nervios → fig. 165.)

1 Aponeurosis dorsal
2 Tendones del m.extensor largo de los dedos
3 Tendones del m.extensor corto de los dedos
4 Tendón del m.extensor corto del dedo gordo
5 Tendón del m.extensor largo del dedo gordo
6 Aponeurosis profunda del dorso del pie
7 Hueso metatarsiano 1.º
8 M.interósoeo dorsal IV
9 M.interóseo dorsal III
10 M.interóseo dorsal II
11 M.interóseo dorsal I
12 M.interóseo plantar III
13 M.interóseo plantar II
14 M.interóseo plantar I
15 M.abductor del dedo pequeño
16 M.oponente del dedo pequeño
17 M.flexor corto del dedo pequeño
18 M.abductor del dedo gordo
19 M.flexor corto del dedo gordo
20 M.aductor del dedo gordo, fascículo oblicuo
21 Tendón del m.flexor largo del dedo gordo
22 Tendones del m.flexor largo de los dedos y mm.lumbricales
23 M.flexor corto de los dedos
24 Fascia plantar profunda
25 Aponeurosis plantar
26 Fascia superficial de la planta del pie

Los cuatro **mm.interóseos dorsales** se originan con dos fascículos en las caras oponentes entre sí de todos los metatarsianos y en el ligamento plantar largo. Se insertan igualmente en la base de las falanges proximales, con lo que la 2.ª hilera forma el eje de simetría en torno al cual se agrupan. Raramente penetran fibras tendinosas en la aponeurosis dorsal de los dedos.
Inervación: N.plantar externo.

d) Acción de los músculos y grupos musculares en las articulaciones de los dedos

En la *articulación proximal*, el *dedo gordo* puede ser:
– *flexionado* (flexión plantar) por los mm.flexor largo y corto del dedo gordo.

a lo que pueden contribuir conjuntamente los mm.abductor y aductor del dedo gordo.

– *extendido* (flexión dorsal) por los mm.extensor largo y corto del dedo gordo,
– *abducido* (separado del 2.º dedo) por el m.abductor del dedo gordo,
– *aducido* (aproximado al 2.º dedo) por el m.aductor del dedo gordo.

En la *articulación distal,* el dedo gordo puede ser:
– *flexionado* sólo por el m.flexor largo del dedo gordo,
– *extendido* sólo por el m.extensor largo del dedo gordo.

En la *articulación proximal* los *dedos 2.º-5.º* pueden ser:
– *flexionados* por los mm.flexor largo y corto de los dedos, los mm.interóseos y lumbricales; el 5.º dedo, además, por los mm.flexor corto del 5.º dedo y abductor del 5.º dedo,

en lo que la contracción simultánea del m.interóseo plantar III evita la separación del dedo pequeño.

– *extendidos* por los músculos extensor largo y corto de los dedos,
– *conducidos hacia fuera* por los mm.interóseos dorsales II-IV y el m.abductor del 5.º dedo.
– *conducidos hacia dentro* por el m.dorsal interóseo I (2.º dedo) y los mm.interóseos plantares.

En general, los niños pueden separar los dedos notablemente (mm.interóseos dorsales y m.abductor del 5.º dedo) o nuevamente acercarlos al 2.º dedo (mm.interóseos plantares); en el adulto esta cualidad está más o menos reducida.

En la *articulación media*, los dedos 2.º-5.º pueden ser:
– *flexionados* por los m. flexor largo y corto de los dedos.

En la *articulación distal*, los dedos 2.º-5.º pueden ser:
– *flexionados* sólo por el m.flexor largo de los dedos,
– *extendidos* sólo por el m.extensor largo de los dedos.

Los mm.lumbricales pueden ayudar a extender un dedo en la articulación media o distal cuando su tendón se continúa en la aponeurosis dorsal del dedo afecto hasta la falange media y distal.

Si la aponeurosis dorsal de un dedo no está suficientemente desarrollada, entonces la extensión activa de la falange distal de este dedo (según en qué circunstancias también en la media) no es posible.

Fijación del esqueleto del pie en la planta del pie por medio de los músculos

Los mm.plantares del pie pueden mover las falanges de los dedos sólo si el pie no está sobrecargado. Si, por el contrario, el peso corporal descansa sobre el pie, entonces, en el mejor de los casos, los flexores cortos pueden comprimir los dedos contra el suelo. La acción de estos músculos en la bipedestación y marcha consiste predominantemente en asegurar, junto con los ligamentos plantares, la configuración en bóveda del pie y evitar

en lo posible un aplanamiento. Conjuntamente con los flexores largos de los dedos, los mm.cortos del pie —ante todo el m.flexor corto de los dedos y los mm. del dedo gordo— intentan tensar activamente la bóveda longitudinal del pie y acortar así su longitud. El fascículo tranverso del m.aductor del dedo gordo actúa como único haz transverso muscular del pie anterior, se opone a una separación de los fascículos del pie medio y, por tanto, tensa el pie anterior en dirección transversa.

La importancia del músculo oponente del 5.º dedo para asegurar la tensión transversa es probablemente insignificante.

Parálisis. Un fallo del *extensor corto* de los dedos no produce trastornos motores llamativos. En una parálisis de los *mm.plantares* del pie, la tensión activa de la bóveda longitudinal del pie ya no es suficiente, la bóveda se hunde. Se pierde la bóveda transversa en la zona del pie anterior, mientras que en la zona del tarso (inicialmente) todavía persiste.

En una parálisis de los m.interóseos, los dedos ya no pueden ser abducidos ni unidos. Similar a la mano en garra que se produce en una parálisis cubital, en el fallo de los m.interóseos (por una lesión del nervio plantar externo) se llega a una posición en garra de los dedos. Son objeto de flexión dorsal en la articulación proximal, ya que aquí predomina el tono extensor mientras que las falanges media y distal son objeto de flexión plantar.

e) Vías vásculo-nerviosas en el pie

Vía vásculo-nerviosa en el dorso del pie

Las vías conductoras en el compartimiento de los extensores de la pierna se continúan en el dorso del pie. En la capa conjuntival profunda, inmediatamente por encima del esqueleto del pie, discurre —por fuera del tendón del m. extensor largo del dedo gordo— la *arteria dorsal del pie* (como continuación de la arteria tibial anterior) en el primer espacio interóseo. Está rodeada por las *venas satélites* y sus anastomosis transversas y acompañada por *vías linfáticas profundas*. El *n.tibial anterior* circula (casi siempre) por la cara interna del cordón vascular.

El *pulso* de la arteria dorsal del pie se puede palpar por fuera del tendón del m.extensor largo del dedo gordo en el extremo proximal del primer espacio interóseo.

La **a.dorsal del pie** (fig. **164**) se divide en el espacio interóseo I en la *a.metatarsiana dorsal I* (al dedo gordo y al borde interno del 2.º dedo), y en *r.plantar profundo* (a la cara plantar del pie). Las **venas profundas del dorso del pie** están en comunicación con las venas plantares del pie y con la *red venosa dorsal del pie* de situación epifascial (fig. **171a**) de donde la sangre es derivada en su mayor parte por las venas safena mayor y menor, subcutáneas.

En el dorso del pie, el **nervio tibial anterior** da ramos para los extensores cortos de los dedos y para las cápsulas articulares de las articulaciones tarsianas y tarsometatarsianas, así como a las articulaciones proximales de los dedos. Acompaña a la arteria metatarsiana dorsal I y en el m.interóseo dorsal I se divide en los *nervios digitales dorsales* para el borde dorsal interno del dedo gordo (*n.digital dorsal externo del dedo gordo*), y el segundo dedo (*n.digital dorsal interno del 2.º dedo*) (figs. **164, 165** y **173a**).

Las *inflamaciones* en la cara plantar del pie y de los dedos son conducidas por las numerosas vías linfáticas y venas que discurren por los espacios interóseos del dorso del pie por la cara dorsal del pie. Pueden provocar en el tejido subcutáneo laxo del dorso del pie inflamaciones extensas (edema colateral del dorso del pie), mientras que una inflamación en la cara plantar debajo de la piel dura de la planta del pie (con las cámaras de presión subcutáneas) puede permanecer oculta.

La *a.dorsal del pie* da en el dorso del pie (fig. **164**):

– *aa.internas del tarso* hacia el borde interno del pie,

– la *a.tarsiana externa*, que va por debajo del m.extensor corto de los dedos al borde externo del pie, se ramifica en los tarsianos distales y anastomosa con la arteria dorsal del metatarso;
– la *arteria dorsal del metatarso*, que en las cabezas de los metatarsianos debajo de los tendones del extensor corto y largo de los dedos se dirige hacia fuera, anastomosa con la arteria tarsiana externa y da tres arterias metatarsianas dorsales que a su vez se dividen cada una en dos arterias digitales dorsales (para el 2.º-5.º dedo);
– el *r.plantar profundo* (fig. **165**), que en el espacio interóseo I, entre los dos fascículos del m.interóseo dorsal I, llega a la cara plantar del pie y se une con el arco plantar procedente de la arteria plantar externa (fig. **166**);
– la *a.metatarsiana dorsal I* (fig. **165**), que –cruzada por el tendón del m.extensor corto del dedo gordo– va en dirección distal en el m.interóseo dorsal I y se ramifica en las *aa.digitales dorsales* para el borde dorsolateral del dedo gordo y el borde dorsomedial del 2.º dedo;

De la parte convexa del arco vascular formado por la a.dorsal del metatarso y la tarsiana externa salen débiles *aa.metatarsianas dorsales* al 2.º-4.º espacio interóseo (fig. **165**). Se dividen en *aa.digitales dorsales* para los bordes oponentes entre sí del 2.º-5.º dedo.

La *a. digital dorsal V*, al lado externo del dedo pequeño (fig. **165**), procede casi siempre de la arteria tarsiana externa. La *a.dorsal interna del dedo gordo* (figs. **164** y **166**) se origina por regla general de la arteria plantar interna del dedo gordo. La red vascular arterial en el dorso del pie puede estar configurada muy variablemente. Casi siempre entran en cada una de las arterias metatarsianas dorsales dos ramas perforantes (fig. **164**) procedentes de las arterias metatarsianas plantares. En caso de una involución de la arteria dorsal del pie, la sangre para las arterias digitales dorsales procede total o parcialmente de los vasos plantares. La anasto-

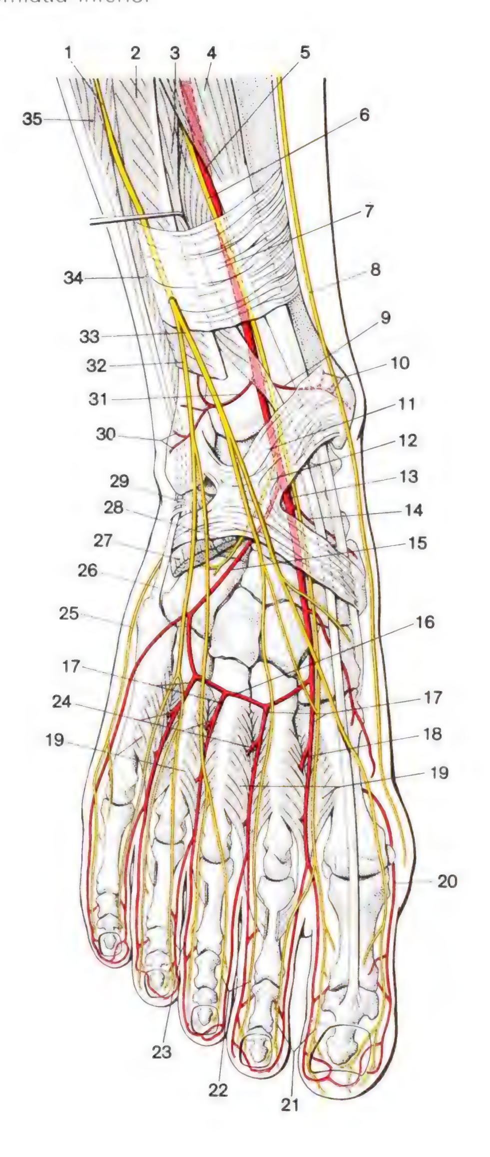


Fig. 164. **Arterias y nervios en la pierna y en el dorso del pie.**

mosis de la arteria tarsiana externa con la arteria dorsal del pie puede faltar, la arteria tarsiana externa puede ser objeto de formación doble (proximal y distal).

Vías vásculo-nerviosas en la planta del pie

Del compartimiento de los flexores profundos de la pierna pasan dorsal y distalmente con respecto al maléolo interno —superficialmente a los tendones de los flexores profundos— un cordón vásculo-nervioso *interno* (tibial) y uno *externo* (peroneal) al compartimiento medio de la planta del pie (fig. **151**). Las vías conductoras internas constan de la *a.plantar interna*, las *venas satélites, vasos linfáticos profundos* y el *n.plantar interno*. En el cordón externo discurren la *a.plantar externa, venas satélites, vías linfáticas profundas* y el *n.plantar externo*.

Las venas profundas que rodean las ramas de las arterias plantares y los vasos linfáticos que discurren con ellas conducen predominantemente la sangre por la red venosa o vascular linfática en el dorso del pie.

El nervio plantar externo se encuentra siempre, y el nervio plantar interno en más del 80 % de los casos, en la cara interna de la arteria correspondiente. La a.plantar externa es en 2/3 de los casos más potente que la a.plantar interna.

El **cordón vásculo-nervioso interno** de la planta del pie discurre inicialmente cerca de los huesos, en el tabique conjuntival que separa el estuche del dedo gordo y el estuche medio. En el pie medio, las vías conductoras se separan entre sí y el **n.plantar interno** que antes daba ramos para el m.abductor del dedo gordo y flexor corto de los dedos se ramifica (fig. **166**). Su territorio de inervación sensitiva corresponde al del nervio mediano en la mano.

En el estuche del dedo gordo salen los ramos del n.plantar interno para el m.flexor corto del dedo gordo, para la cápsula articular de la articulación proximal de los

---

◄ 1 N.peroneo superficial
2 M.extensor largo de los dedos, seccionado distalmente al lig.transverso de la pierna
3 M.extensor largo del dedo gordo
4 M.tibial anterior
5 Arteria tibial anterior
6 N.peroneo profundo
7 Lig.transverso de la pierna
8 N.safeno
9 A.maleolar anterior interna
10 Red maleolar interna
11 Lig.anular anterior del tarso (porción superior)
12 Ramo muscular del n.peroneo profundo para los mm.extensores de los dedos y extensor corto del dedo gordo
13 A.dorsal del pie
14 A.interna del tarso
15 A.externa del tarso
16 A.dorsal del metatarso
17 Aa.metatarsianas dorsales
18 R.plantar profundo
19 Mm.interóseos dorsales
20 A.dorsal interna del dedo gordo, casi siempre procedente de la a.plantar interna del dedo gordo
21 Nn.digitales dorsales (externo del dedo gordo e interno del segundo dedo)
22 Nn.digitales dorsales
23 Aa.digitales dorsales
24 Rr.perforantes
25 N.cutáneo dorsal externo
26 Tendón del m.peroneo corto
27 M.extensor corto de los dedos
28 M.extensor corto del dedo gordo
29 Ligamento anular externo del tarso
30 Red maleolar externa
31 A.maleolar anterior externa
32 N.cutáneo dorsal intermedio
33 N.cutáneo dorsal interno
34 M.peroneo corto
35 M.peroneo largo

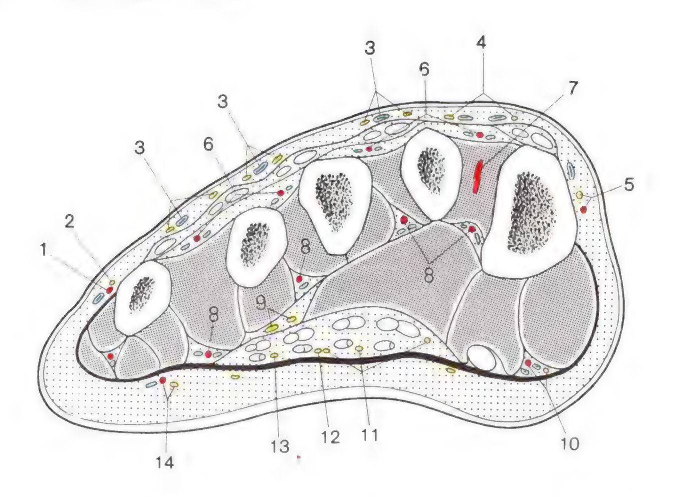


Fig. 165. **Corte transversal en la zona del metatarso derecho, disposición de los nervios y vasos**. Vista dorsal de la superficie de corte.
(Denominación de los músculos y tendones → Fig. 163).

1 A.digital dorsal externa V
2 N.digital dorsal externo V (proc. del n.cutáneo dorsal externo)
3 Nn.digitales dorsales del pie (proc. del n.peroneo superficial) y vv.metatarsianas dorsales subcutáneas
4 Nn.digitales dorsales (externo del dedo gordo e interno del segundo dedo proc. del n.peroneo profundo)
5 A. y n.dorsal interno del dedo gordo
6 Aa.metatarsianas dorsales
7 R.plantar profunda
8 Aa.metatarsianas plantares
9 Ramos del r.profundo del n.plantar externo
10 R.superficial de la a.plantar interna y n.plantar interno del dedo gordo (proc. del n.plantar interno)
11 Nn.digitales plantares comunes I-III proc. del n.plantar interno
12 Anastomosis entre el r.superficial del n.plantar externo y el n.digital plantar común III
13 N.digital plantar común IV proc. del n.plantar externo
14 A. y n.digital plantar externo V

dedos, y un ramo cutáneo para el lado interno del dedo gordo (*n.plantar interno del dedo gordo*), figs. **165, 166**), así como la arteria plantar interna (figs. **151** y **166**). Después de un corto trayecto entre el m.abductor del dedo gordo y el flexor corto del dedo gordo se divide en el ramo superficial (a lo largo del m.abductor del dedo gordo para el mismo, figs. **165** y **166**) y el ramo profundo (fig. **166**) que va por la capa profunda vásculo-nerviosa de la planta del pie y, por regla general, se une con el arco plantar.

El tronco principal del n.plantar interno se divide en el compartimiento medio en los *nn.digitales plantares comunes* (figs. **165, 166** y **173b**), que cursan por debajo de la aponeurosis plantar. Inervan los mm.lumbricales I y II (en ocasiones también el III) y se dividen respectivamente en dos *nn.digitales plantares propios* para la piel de los bordes vecinos de los dedos (figs. **166** y **173b**). En total, el n.plantar interno inerva la piel en el lado plantar de 3 $^1/_2$ dedos internos.

El **cordón vásculo-nervioso externo** de la planta del pie, cubierto por el m. flexor corto de los dedos, se dirige oblicuamente por el m.cuadrado plantar en dirección peroneal (fig. **151**). Unicamente en un trayecto corto a nivel del hueso cuboides penetra en el tabique conjuntival –que separa el compartimiento medio y el dedo pequeño–, antes de que se divida el n.plantar externo. En lo referente a la inervación de la piel y articular el n.plantar externo correspondería a la función del n.cubital de la mano.
La **a.plantar externa** (fig. **166**) pasa a la altura de la base del V metatarsiano al *arco plantar*. El arco de la planta del pie gira en un trayecto convexo en sentido externo y distal entre el fascículo oblicuo del m.aductor del dedo gordo y los mm.interóseos hacia dentro y anastomosa en el espacio I interóseo con la rama plantar profunda a partir de la a.dorsal del pie. De la cara convexa del arco vascular parten *aa.metatarsianas plantares* (figs. **165** y **166**) que transcurren en los espacios intermedios entre los metatarsianos y, después de la cesión de las ramas perforantes, son denominadas *aa.digitales plantares comunes* (fig. **166**). Se dividen respectivamente en dos aa.digitales plantares propias para los bordes oponentes entre sí de cada dos dedos (fig. **166**).

La a.metatarsiana plantar I emite en general también la a.plantar del dedo gordo, que ocasionalmente se une con la rama superficial de la a.plantar interna o que puede proceder de ella (figs. **151** y **166**). La a.digital plantar propia al borde externo del 5.° dedo procede de la porción inicial del arco plantar (fig. **166**). Rr.perforantes de las aa.metatarsianas plantares pasan a través de los espacios interóseos y se unen con las aa.metatarsianas dorsales (figs. **164** y **166**).
Si la a.plantar externa está poco desarrollada, entonces el arco plantar es predominantemente alimentado por el r.plantar profundo (a partir de la a.dorsal del pie) (43 %). En casos raros, el arco de la planta del pie no está cerrado.

El **n.plantar externo** (fig. **166**) da en la región del talón ramos para los músculos abductor del dedo pequeño y cuadrado plantar. Seguidamente se divide en un r.superficial y otro profundo.
El *r.superficial* (fig. **166**) emite en el compartimiento muscular medio un *n.digital plantar común IV* (fig. **165**) con ramos para los bordes oponentes del 4.° y 5.° dedo (fig. **173b**) y una anastomosis para el n.digital plantar común III. El ramo externo del r.superficial pasa por el compartimiento externo de la planta del pie, inerva el m.flexor corto del dedo pequeño y pasa como *n.digital plantar propio V* para la piel en el lado externo del 5.° dedo (figs. **165, 166** y **173b**).

El *r.profundo* del n.plantar externo (figs. **165** y **166**) cursa con el arco plantar en la capa conjuntival profunda de la planta del pie. Inerva el fascículo externo del m.flexor corto del dedo gordo, el m.aductor del dedo gordo (por regla general), los mm.lumbricales (II), III y IV, todos los mm.interóseos y el m.oponente del dedo pequeño.

Los mm.lumbricales III, IV, los mm.interóseos en el 4.° espacio interóseo y los mm.flexor corto del dedo pequeño y oponente del dedo pequeño pueden también ser inervados por ramas del r.superficial.

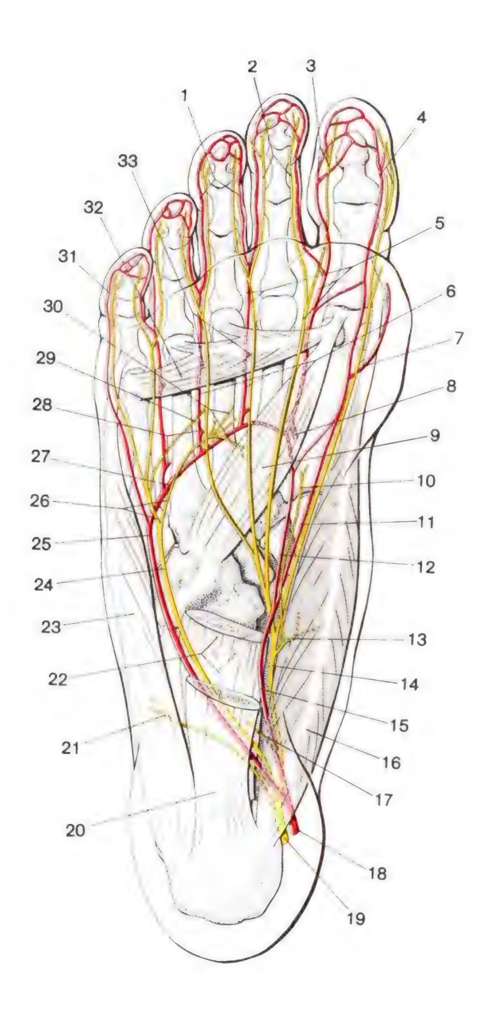


Fig. 166. **Arterias y nervios de la planta del pie.**

f) Disposición de los vasos y nervios en los dedos de los pies

Al igual que en los dedos de la mano, en cada dedo del pie circulan en total en el tejido conjuntivo de ambos bordes plantares y dorsales respectivamente cuatro *arterias digitales* y cuatro *nervios digitales.* Las arterias y nervios plantares son más fuertes que las arterias y nervios dorsales. Como en los dedos de las manos, las arterias dorsales de los dedos de los pies se terminan en las falanges medias, mientras que los nervios dorsales de los dedos de los pies llegan hasta las falanges distales.

Las *aa.digitales dorsales* (fig. **164**) proceden (por regla general) de la a.metatarsiana dorsal I (bordes de los dedos vecinos del 1.° y 2.° dedo), de las aa.metatarsianas dorsales II-IV que se originan de la a.dorsal del pie (bordes oponentes entre sí del 2.°-5.° dedo) y además de la a.plantar interna del dedo gordo (borde interno del dedo gordo, fig. **164**) y de la a.tarsiana externa (borde externo del dedo pequeño). Las *arterias plantares de los dedos* reciben su sangre del arco plantar.

Entre las arterias dorsales y plantares existen en la región metatarsiana y de las falanges proximales comunicaciones regulares. Igualmente anastomosan entre sí las dos arterias plantares de un dedo.

Las venas y vasos linfáticos de los dedos forman, en la cara plantar y dorsal, redes que por venas profundas y vasos linfáticos, pero ante todo por vasos subcutáneos, conducen la sangre y linfa al dorso del pie.

Los *nn.digitales dorsales del pie* (figs. **164, 165** y **173a**) son los ramos terminales del n.peroneal superficial. Unicamente los bordes dorsales opo-

---

◄ 1 Aa.digitales plantares propias
2 Nn.digitales plantares propios
3 A y n.plantar externo del dedo gordo
4 A y n.plantar interno del dedo gordo
5 Aa y n.digitales plantares comunes
6 Aa.metatarsianas plantares
7 Ramo para la a.dorsal interna del dedo gordo
8 R.plantar profundo
9 M.aductor del dedo gordo, fascículo oblicuo
10 Ramo del n.plantar interno para el m.flexor corto del dedo gordo
11 R.superficial de la a.plantar interna
12 R.profundo de la a.plantar externa
13 Ramo del n.plantar interno para el m.abductor del dedo gordo
14 N.plantar interno
15 A.plantar interna
16 M.abductor del dedo gordo
17 R. del n.plantar interno para el m.flexor corto de los dedos
18 A.tibial posterior
19 N.tibial
20 M.flexor corto de los dedos
21 R. del n.plantar externo para el m.abductor del dedo pequeño
22 M.cuadrado plantar (seccionado) y ramo muscular procedente del n.plantar externo
23 M.abductor del dedo pequeño
24 N.plantar externo
25 A.plantar externa
26 R.superficial (externo) y ramo profundo (interno) del n.plantar externo
27 Arco plantar
28 Rr.perforantes proximales
29 Anastomosis entre el r.superficial del n.plantar externo y el n.digital plantar común III
30 Ramas musculares del ramo profundo del n.plantar externo
31 A.digital plantar externa V
32 M.aductor del dedo gordo, fascículo transverso
33 Rr.perforantes distales

nentes entre sí del 1.º y 2.º dedo son (también) inervados por el n.tibial anterior.
Al borde dorsal externo del 5.º dedo va el n.cutáneo dorsal externo (a partir del n.femoral, figs. **165** y **173a**).

Las anastomosis existen tanto entre el n.cutáneo dorsal interno y el ramo terminal del n.tibial anterior; como también entre el n.cutáneo dorsal intermedio y el n.cutáneo dorsal externo.

Los nn.digitales plantares propios de los 3 $^1/_2$ dedos internos son ramos del n.plantar interno (fig. **173b**). A los 1 $^1/_2$ dedos externos van como n.digitales plantares ramos del n.plantar externo.

Fibras nerviosas procedentes del n.plantar externo que van a la cara interna del 4.º dedo, se añaden a través de una anastomosis al n.digital plantar común III.

4. Extremidad inferior en la bipedestación y en la marcha

En la **posición de pie**, la tuberosidad calcánea forma la base esquelética para la parte posterior de la superficie de apoyo. La parte anterior del pie descansa sobre las cabezas de los metatarsianos. Los más importantes puntos de apoyo del esqueleto del pie, la tuberosidad del calcáneo y las cabezas del 1.º y 5.º metatarsiano, están con frecuencia almohadillados por debajo por bolsas subcutáneas sinoviales (fig. **151**). La distribución de la presión sobre los distintos metatarsianos depende de la manera de estar de pie y de la posición del pie. Si la punta del pie está ligeramente dirigida hacia fuera y la articulación de la rodilla está en extensión, la sobrecarga recae ante todo sobre el 1.er metatarsiano.
En la bipedestación en posición erguida y simétrica del cuerpo, la carga corporal es sostenida en partes iguales por ambos pies. En esta posición la línea de gravedad pasa por el plano mediano del cuerpo. Si se pretende que el cuerpo no se doble hacia adelante o hacia atrás, esta línea debe incidir dentro de la superficie de apoyo (fig. **167**) que está limitada por las tangentes trazadas desde las partes convexas de las superficies de apoyo. En la denominada *posición normal* (fig. **168a**), que en realidad es una posición corporal artificial y que apenas se adopta para un período prolongado, una línea trazada a través del punto de gravedad del tronco divide la línea de unión de los puntos de giro de ambas articulaciones de la cadera. El *centro de gravedad* del cuerpo está situado en el plano medio algo por delante y por debajo del promontorio, a la altura de la 2.ª vértebra sacra. En esta posición los puntos de giro de ambas articulaciones de la cadera, rodilla y tibioperoneo tarsiana están situadas en el mismo plano frontal, el cuerpo se encuentra en *equilibrio lábil.*

Este equilibrio lábil puede ser alterado por el movimiento más insignificante, por ejemplo un mínimo descenso de la cabeza. La musculatura del tronco y de la extremidad inferior debe, por tanto, estar constantemente preparada para equili-

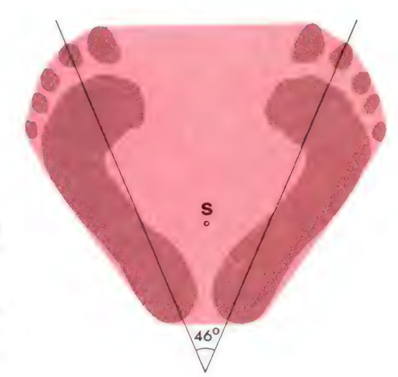


Fig. 167. **Superficie de apoyo del cuerpo en la posición de pie y en postura cómoda.**
Superficie de apoyo = rayado.
S = Proyección del punto de gravedad corporal sobre la superficie de apoyo (lugar de incidencia de la línea de gravedad).

brar el peso corporal. Como quiera que la línea de gravedad en esta posición incide en la superficie de apoyo cerca de su limitación dorsal, basta ya un leve impulso desde la parte anterior para desequilibrar el cuerpo. En la *posición rígida* (incorrectamente también posición militar, fig. **168b**), el cuerpo está extendido en las articulaciones de la cadera y rodilla, las piernas están algo inclinadas hacia adelante en las articulaciones tibiotarsianas. El peso de gravedad incide en el centro de la superficie de apoyo. Sin embargo, en esta posición no solamente –como en toda posición corporal erguida– el m.erector de la columna debe asegurar la lordosis en la zona cervical y lumbar, sino que el m.glúteo mayor y los músculos isquiocrurales deben evitar una flexión en la articulación de la cadera y los flexores en la pierna (especialmente el m.tríceps sural) deben evitar una caída del cuerpo hacia adelante.

La denominada *posición cómoda* o *laxa* (fig. **168c**) garantiza una alta estabilidad con una actividad muscular leve. La pelvis puede ser inclinada hacia atrás hasta tal punto que la línea de gravedad discurra por detrás del eje frontal de ambas articulaciones de la cadera y delante del eje frontal de ambas articulaciones de la rodilla. En esta posición están tensados los ligg.iliofemorales en ambas articulaciones de la cadera, y los ligamentos laterales y cruzados en las articulaciones de la rodilla.

La línea de gravedad incide aproximadamente en el punto tercio posterior del diámetro sagital de la superficie de apoyo y está situada en la parte ventral del eje de giro a través de la articulación tibiotarsiana. Además del m.erector de la columna vertebral, para la conservación del equilibrio deberían, por tanto, estar tensados únicamente los músculos flexores plantares en las articulaciones de la rodilla.

Una tensión máxima nociva de los citados ligamentos, que puede manifestarse a causa de la acción de la gravedad en las articulaciones de la cadera y de la rodilla, es evitada por la acción de freno de los mm.psoas ilíaco y gastrocnemio. Experiencias realizadas han demostrado, además, que una determinada posición de la pelvis, y con ello la acoplada modalidad de la posición corporal erguida, sólo es adoptada por corto tiempo (casi siempre menos del minuto) y entonces es variada levemente.

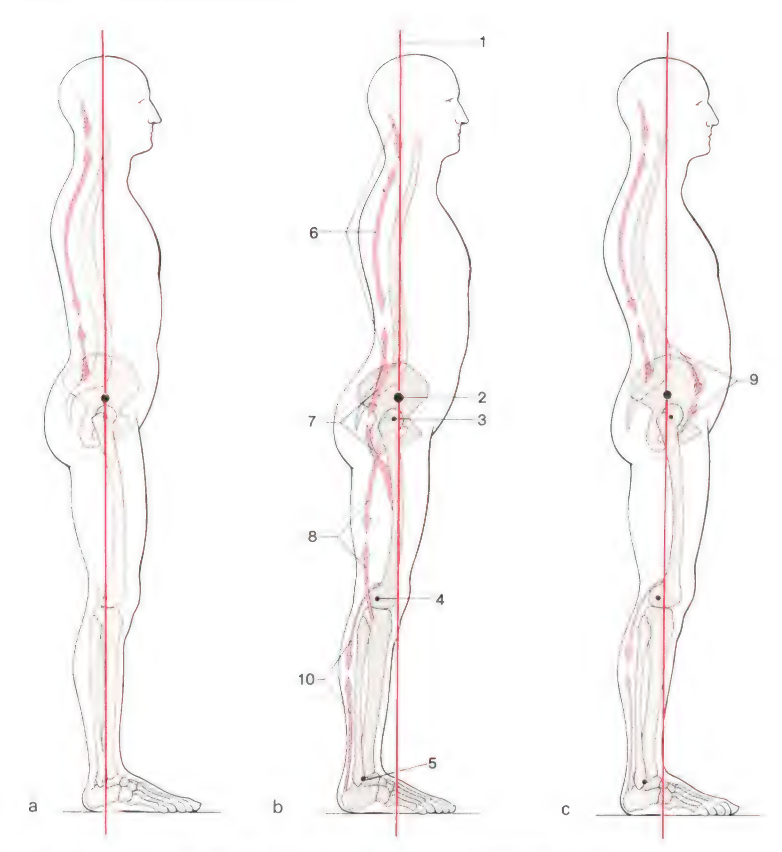


Fig. 168. **Estación de pie en posición corporal erguida y simétrica** (modificado de KUMMER).

a Posición normal
b Posición rígida
c Posición laxa.

1 Línea de gravedad
2 Centro de gravedad del cuerpo
3 Proyección del eje transversal de la articulación de la cadera
4 Proyección del eje transversal de la articulación de la rodilla
5 Proyección del eje de la articulación tibiotarsiana
6 M.erector de la columna vertebral
7 Musculatura glútea
8 Musculatura isquiocrural
9 M.psoas ilíaco
10 Flexores de la pierna

En la **marcha** (fig. **169**), la misma pierna es alternativamente *extremidad de apoyo* y *extremidad de impulso*. Como extremidad de apoyo lleva la carga corporal en dirección del movimiento, como extremidad de impulso oscila libremente sobre el suelo y consigue una nueva superficie de apoyo.

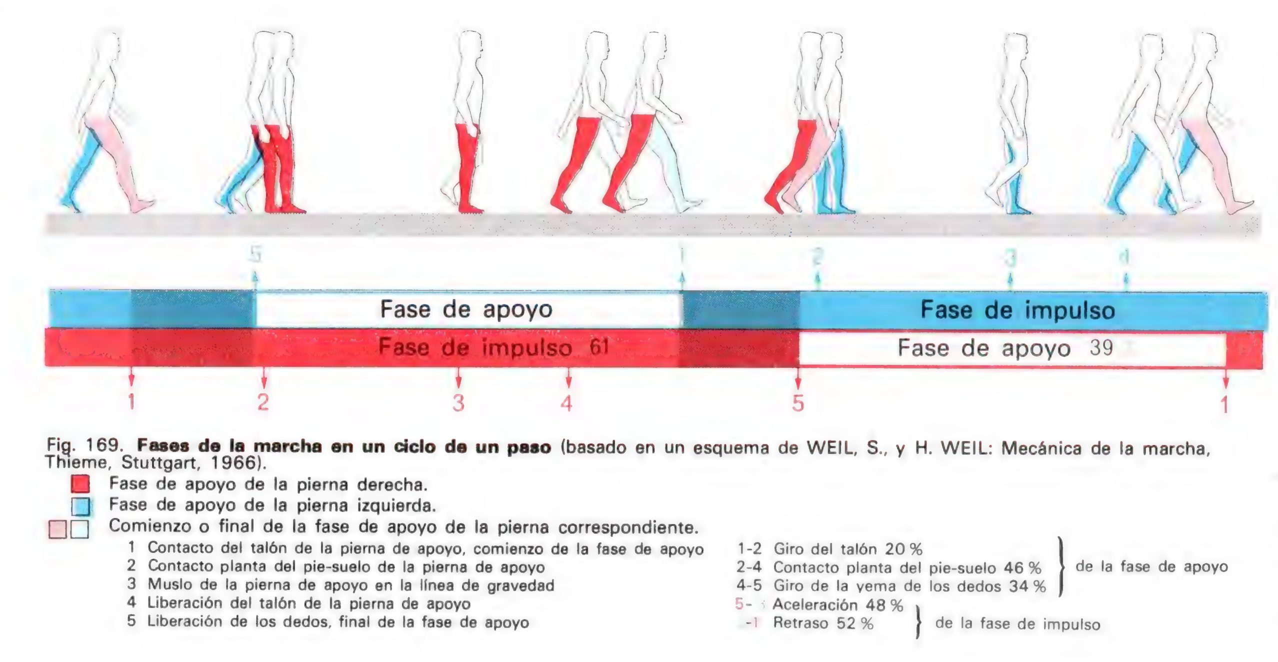


Fig. 169. **Fases de la marcha en un ciclo de un paso** (basado en un esquema de WEIL, S., y H. WEIL: Mecánica de la marcha, Thieme, Stuttgart, 1966).

- Fase de apoyo de la pierna derecha.
- Fase de apoyo de la pierna izquierda.
- Comienzo o final de la fase de apoyo de la pierna correspondiente.

1 Contacto del talón de la pierna de apoyo, comienzo de la fase de apoyo
2 Contacto planta del pie-suelo de la pierna de apoyo
3 Muslo de la pierna de apoyo en la línea de gravedad
4 Liberación del talón de la pierna de apoyo
5 Liberación de los dedos, final de la fase de apoyo

1-2 Giro del talón 20 %
2-4 Contacto planta del pie-suelo 46 %
4-5 Giro de la yema de los dedos 34 %
} de la fase de apoyo

5-1 Aceleración 48 %
-1 Retraso 52 %
} de la fase de impulso

La *fase de apoyo* y la *fase de impulso* de una pierna en el "paso de marcha" (paso de mediana longitud a velocidad media) no tienen la misma longitud; pues, en el cambio de ambas fases, durante un corto período de tiempo el peso corporal se reparte sobre ambas piernas: sobre la "antigua" extremidad de apoyo, cuyo pie se levanta del suelo y cuya fase de apoyo finaliza entonces, y sobre la "nueva" extremidad de apoyo, cuya fase de apoyo ya se inició cuando la punta del pie se situó sobre el suelo.

En el "paso de marcha", la fase de apoyo es el 61 %, la fase de impulso el 39 % de un ciclo (=doble paso, comenzando con el contacto del talón de una pierna y terminando con el nuevo contacto del talón de la misma pierna). Con el incremento de la velocidad de marcha, el intervalo temporal en el que ambas piernas soportan la carga corporal es cada vez más corto. Al correr, finalmente, entre la elevación de la "antigua" pierna de apoyo y el asentamiento de la "nueva", existe un período de tiempo en el que ambas piernas no tienen contacto con el suelo.

Durante la marcha, el pie se separa alternativamente (algo) a la derecha o a la izquierda de la línea de progresión. Correspondientemente, el punto de gravedad del cuerpo pendula en cada paso de un lado a otro, ya que entonces la línea de gravedad no puede incidir sobre la superficie de apoyo. En el desplazamiento del punto de gravedad del cuerpo a la nueva superficie de apoyo corresponde una especial importancia a los músculos glúteos menores. Evitan el descenso del punto de gravedad y le mantienen aproximadamente en la horizontal.

La *fase de apoyo* de una pierna comienza, en la marcha hacia adelante, con la colocación del talón. El pie está levemente flexionado en sentido dorsal, la articulación de la rodilla levemente flexionada; los mm.vastos evitan una flexión más intensa. La articulación de la cadera está igualmente flexionada, en la deambulación normal el tronco está inclinado hacia la parte ventral. Seguidamente, el talón, el borde externo del pie y las cabezas de los metatarsianos soportan la carga corporal. La articulación de la cadera y de la rodilla están extendidas (m.cuadríceps femoral y m.glúteo mayor). Sobre la superficie de asentamiento, el cuerpo es desplazado hacia adelante por la pierna de apoyo. Aproximadamente en el centro de esta fase, el pie está en ángulo recto con la pierna en extensión. En este instante la articulación de la cadera alcanza el punto máximo de su vía motora ondulada, y el punto de gravedad del cuerpo es perpendicular a la superficie de apoyo. Los músculos glúteos menores evitan que la pelvis descienda hacia el lado de la pierna libre y la inclinan levemente hacia el lado de la pierna de apoyo. También la parte superior del cuerpo se inclina lateralmente y de esta manera se facilita el balanceo del cuerpo, que descansa sobre una pequeña superficie de apoyo, el pie asentado al lado de la línea media.
El levantamiento del pie del suelo tiene lugar finalmente a través del 1.er metatarsiano y el dedo gordo. (Contrariamente a la conexión móvil del 1.er hueso metacarpiano con el hueso trapecio, el 1.er metatarsiano está incluido en el esqueleto tarsometatarsiano relativamente fijo.) El pie es objeto de una flexión plantar de intensidad progresiva (ante todo por el m.sural); debido a ello, el talón es levantado del suelo. En las articulaciones proximales, son objeto de una flexión dorsal pasiva. Mediante la flexión plantar en la articulación tibiotarsiana se "alarga" la pierna de apoyo de situación oblicua, extendida en la articulación de la rodilla. El cuerpo es desplazado hacia adelante. El impulso del cuerpo hacia adelante, la propulsión,

causado por la contracción muscular, es completado por la acción de la gravedad. Hacia el final de la fase de apoyo, la articulación de la rodilla está de nuevo ligeramente flexionada. Antes del comienzo de la fase de impulso, la pierna, que hasta entonces era de apoyo, es liberada, y el peso corporal es trasladado a la futura pierna de apoyo.

En la *fase de impulso*, el muslo de la extremidad libre es flexionado en la articulación de la cadera, la punta del pie es levantada del suelo, la pierna libre —más allá de la pierna de apoyo— es llevada hacia adelante y apoyada en el suelo con el talón. El impulso hacia adelante de la extremidad libre tiene lugar como movimiento pendular bajo la acción de la gravedad, es regulado por el juego muscular y modificado según la situación. Con objeto de que el pie no roce con el suelo en el impulso hacia adelante del muslo, la pierna debe mantenerse flexionada contra la acción de la gravedad (músculos isquiocrurales) durante un tiempo, hasta que sea también capaz de adelantarse sin obstáculo. El pie (durante casi la totalidad de toda la fase de impulso) está casi en ángulo recto con la pierna. Los extensores de la pierna evitan una flexión plantar del pie y con ello un rozamiento de la punta del pie con el suelo. En el asentamiento del talón, la articulación de la rodilla está ya ligeramente flexionada de nuevo, y el pie está levemente flexionado dorsalmente en la articulación tibiotarsiana.

A partir de las peculiaridades estructurales del esqueleto de las extremidades (p. ej., longitud del fémur, torsión de la tibia) y de pequeñas diferencias en la coordinación del juego muscular, resulta una caracterización individual típica de la marcha. En un incremento de la velocidad del movimiento propulsor, los elementos fundamentales de la marcha aquí descritos son correspondientemente modificados. Mediante el movimiento concomitante de los brazos (pierna libre y brazo del lado opuesto) es facilitado el equilibrio del cuerpo y el desplazamiento alterno del punto de gravedad del cuerpo (ante todo en la marcha rápida y en la carrera).

E. Anatomía superficial de la extremidad inferior

1. Relieve superficial de la extremidad inferior y puntos óseos palpables

Relieve superficial. En el lado ventral de la cadera, el surco inguinal marca el límite entre tronco y muslo. Sólo en individuos muy delgados yace a nivel del ligamento inguinal. Con el aumento del depósito adiposo en el subcutis se desplaza cada vez más claramente en sentido distal. En individuos delgados y musculosos, los mm.tensor de la fascia lata y sartorio, así como los aductores, se dibujan debajo de la piel. Encima de la cresta iliaca se abomba el abdomen. La forma de los glúteos es muy variable según el desarrollo del m.glúteo mayor y el espesor del tejido subcutáneo. El muslo es de forma cónica y se adelgaza hacia la rodilla.

Un desarrollo potente de la musculatura del muslo abomba levemente la cara anterior, los lados y la cara posterior del muslo. La línea del contorno interno del muslo es aproximadamente recta, y por encima de la rodilla levemente retraída (m.sartorio). Las curvaturas patológicas del cuerpo del fémur pueden variar llamativamente la típica forma cónica. El trayecto del m.sartorio y los vientres musculares de los mm.vasto interno y externo y del m.biceps femoral son visibles en individuos musculosos. En el límite entre extensores y flexores (adhesión del tabique intermuscular externo a la fascia lata), la cara lateral del muslo puede estar hundida en forma de un surco longitudinal. En la cara dorsal redondeada del muslo pasan hacia la fosa poplítea, a ambos lados, los tendones de inserción de los músculos isquiocrurales y delimitan la parte proximal de la fosa poplítea.

En la fosa poplítea, sólo con la rodilla en flexión la piel está deprimida en forma de una fosa romboidea, con lo cual, ante todo en la flexión activa, sobresalen los bordes musculosos. Con la rodilla en extensión, en el espacio conjuntival de la fosa poplítea el cuerpo adiposo abomba la piel, con lo cual las eminencias de los bordes formadas por los músculos isquiocrurales son sustituidas por surcos longitudinales.

Los surcos de flexión de la fosa poplítea no permiten ninguna deducción respecto a la situación de la hendidura articular. El surco principal en forma de arco, identificable también con la rodilla en extensión, yace en general en la zona proximal de la hendidura articular.

En la articulación de la rodilla pueden identificarse a través de la piel la rótula, el cuerpo adiposo infrarrotuliano y el cuadro tendinoso del m.cuadrícep femural. En la mujer, debido al mayor acúmulo adiposo en el subcutis, los contornos son algo más suaves. En construcciones esqueléticas fuertes y musculatura débil, el aspecto de la articulación de la rodilla es relativamente grueso. Por el contrario, en casos de muslos y piernas adiposos es delgado, dado que entre la piel y la cápsula articular está almacenada poca grasa. En la pierna, la faceta interna de la tibia está situada inmediatamente debajo de la piel. La forma de la pantorrilla viene determinada por los vientres musculares del m.tríceps sural. Si la parte carnosa de los m.gemelos se extiende muy distalmente, o si a ambos lados del tendón de Aquiles hay gran almacenamiento de grasa subcutánea, el aspecto de la pantorrilla es grueso.
Delante y detrás de los maléolos, la piel está deprimida, el tendón de Aquiles sobresale claramente. La forma externa del pie es determinada en gran medida por su esqueleto. El dorso del pie es arqueado en sentido longitudinal y transverso. La altura de la garganta del pie está determinada por la palanca principal tibial. Hacia los dedos, el dorso del pie se hace más ancho. En la planta del pie, la almohadilla del talón, el borde externo del pie, las yemas del dedo gordo y todo el conjunto de yemas digitales forman la superficie de apoyo del esqueleto del pie. El borde interno del pie es arqueado y forma el nicho de la planta del pie. Un surco transverso (fig. **161**) separa las dos yemas de los dedos de las protuberancias de los mismos.

En la posición de pie y con los pies juntos, en caso de piernas rectas se tocan ambos maléolos las pantorrillas y las rodillas (la línea de gravedad cursa a cada lado

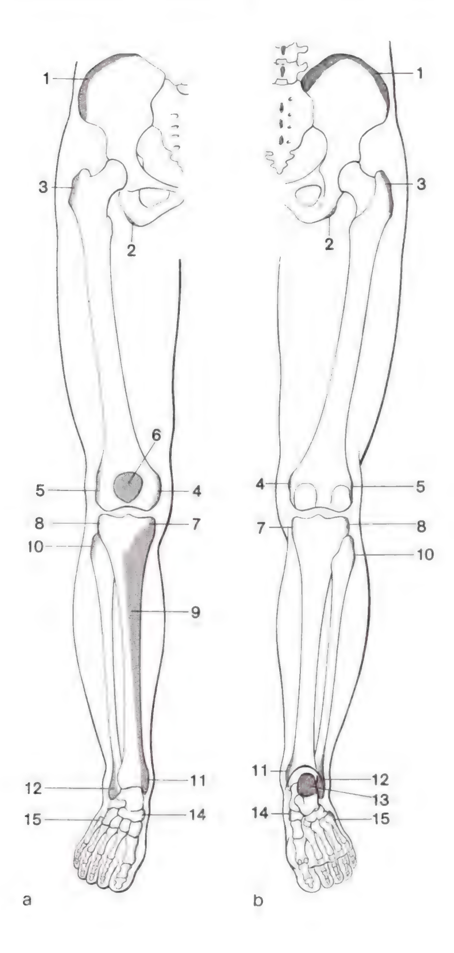


Fig. 170. **Puntos óseos palpables en el esqueleto de la extremidad inferior** (según v.LANZ-WACHSMUTH).
a Vista anterior b Vista posterior

1 Cresta ilíaca
2 Tuberosidad isquiática
3 Trocánter mayor
4 Epicóndilo interno del fémur
5 Epicóndilo externo del fémur
6 Rótula
7 Cara lateral del cóndilo interno de la tibia
8 Cara lateral del cóndilo externo de la tibia
9 Cara anterointerna de la tibia
10 Cabeza del peroné
11 Maléolo interno
12 Maléolo externo
13 Tuberosidad calcánea
14 Tuberosidad del hueso escafoides
15 Tuberosidad del 5.° metatarsiano

por la parte media de la articulación de la rodilla). Existen espacios intermedios en forma de rombo en la parte proximal de la región maleolar y distal de la rodilla, en el hombre también a la altura media del muslo. En la mujer los muslos se contactan.

La piel de la extremidad inferior es áspera en la cara externa y dorsal del muslo y en la región de la articulación de la rodilla; es gruesa y muy caracterizada ante todo en el talón, en el borde externo del pie, en las yemas de los dedos y en el dedo gordo, y llamativamente delgada en ambos maléolos. En la planta del pie no existen pelos ni glándulas sebáceas. En el hombre adulto, los muslos (en el lado ventral, externo y dorsal) y la pierna (ante todo en la parte ventral) pueden ser muy vellosos. En la pierna, a menudo también en las mujeres, puede estar claramente desarrollado un revestimiento velloso. La piel de la planta del pie y de las cúpulas de los dedos muestra, al igual que en la palma y las yemas de los dedos de la mano, un sistema de líneas cutáneas típico de cada individuo. En la región glútea y en las superficies de apoyo de la planta del pie, el tejido adiposo subcutáneo está dispuesto en compartimientos. La piel aquí no se deja levantar en pliegues. En el muslo y pierna la piel es desplazable. La constitución laxa del subcutis permite en la región maleolar y en el dorso del pie extensas colecciones de líquido.

En los trastornos circulatorios se presentan edemas ante todo en la región maleolar y en el dorso del pie. En caso de bipedestación prolongada se hinchan los pies.
Las líneas de división de la piel en el muslo y en la pierna siguen un curso longitudinal, en cambio en la fosa poplítea son transversas (fig. **72**).

Puntos óseos palpables. De todos los elementos esqueléticos de la extremidad inferior, al menos las eminencias óseas, contornos o superficies parciales pueden palparse a través de la piel. La pared pélvica dorsal y la dorsal externa pueden palparse por tacto rectal (en la mujer también por tacto vaginal). Por el contrario, el borde del acetábulo de la articulación de la cadera y el cuello y el cuerpo del fémur, así como la mayor parte del cuerpo del peroné, están totalmente cubiertos de músculos.
Situados cerca de la piel, y por tanto palpables sin dificultades, son (fig. **170**)
- en la *cadera:* la cresta ilíaca y las espinas ilíacas anterosuperior y posterosuperior y la tuberosidad isquiática,
- en el *muslo:* el trocánter mayor, los dos epicóndilos del fémur y la rótula,
- en la *pierna:* las caras laterales de ambos cóndilos de la tibia, la cabeza del peroné, la tuberosidad de la tibia, la cara interna de la tibia y los dos maléolos
- en el *pie:* la tuberosidad calcánea, la tuberosidad del escafoides y la tuberosidad del 5.º metatarsiano.

Relativamente bien palpables son también los huesos del tarso y metatarso en el dorso del pie, las cabezas de los metatarsianos en la cara plantar, y las caras laterales y dorsales de los dedos.

Para la medición longitudinal de segmentos esqueléticos aislados de la extremidad inferior se utilizan habitualmente la espina iliaca anterosuperior, el trocánter mayor, el borde superior del cóndilo interno de la tibia y el maléolo interno como *puntos de medición* relativamente bien determinados.

2. Vasos y nervios cutáneos de la extremidad inferior

a) Venas cutáneas

La corriente de retorno de la sangre tiene lugar en la pierna por venas subfasciales profundas que discurren con las arterias, y (en una parte más pequeña) por venas *superficiales* de situación hepifascial (fig. **171**) que conducen sangre procedente de la piel y subcutis (así como de las capas profundas del pie y de la región maleolar).

Las venas cutáneas, que poseen una capa vascular más gruesa que las venas profundas del mismo calibre, pueden ser palpables y también visibles a través de la piel.

La sangre procedente de las redes venosas superficiales es conducida por la *vena safena mayor* a la vena femoral, por la *vena safena menor* (1) a la vena poplítea. Entre estas dos venas cutáneas y el sistema de las venas profundas existen numerosas anastomosis profundas (en clínica llamadas venas comunicantes o perforantes) que pasan a través de la fascia. Válvulas venosas en las venas cutáneas y las anastomosis profundas dirigen la corriente sanguínea del muslo y la pierna a las venas profundas.

En el pie y en la región maleolar, la mayor parte de las comunicaciones venosas carece de válvulas. Las anastomosis portadoras de válvulas dirigen la mitad de la sangre a las venas profundas y la otra mitad a las venas superficiales.

Debido a las numerosas anastomosis entre venas superficiales y entre venas profundas entre sí y entre sistemas, las venas de la extremidad inferior forman una red tridimensional de múltiples mallas. Por ello, la ligadura de venas aisladas no suele tener consecuencias nocivas. Por el contrario, la ligadura de la vena femoral produce una estasis venosa intensa.

Si las válvulas venosas en las anastomosis profundas son funcionalmente defectuosas, entonces el retorno sanguíneo en las venas profundas también es afectado de manera desfavorable; pues la acción de "bomba muscular" y el acoplamiento arteriovenoso es disminuido o anulado porque la sangre retorna de las venas subfasciales a las epifasciales y allí se estanca. Esto conduce a trastornos tróficos locales, seguidamente a edemas y formación de úlceras. Las varices son especialmente frecuentes en la región de las venas safenas.

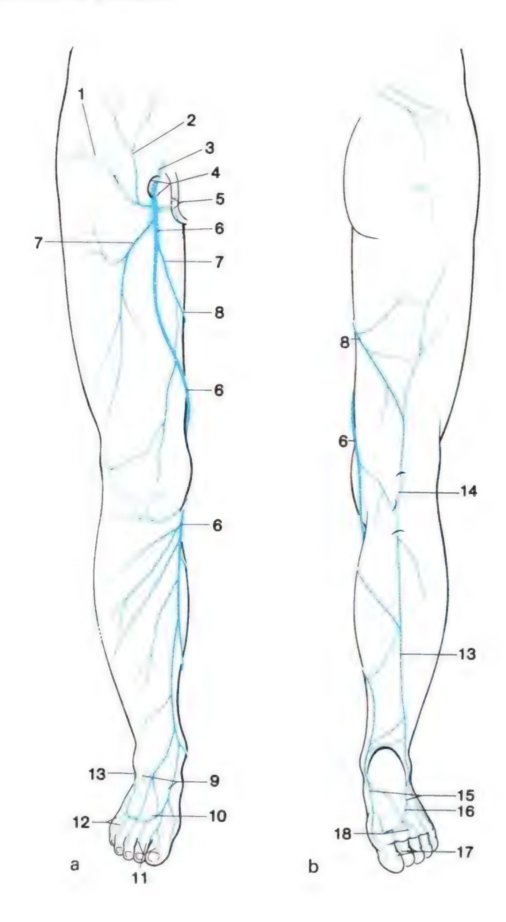


Fig. 171. **Venas cutáneas de la extremidad inferior.**
a Cara ventral
b. Cara dorsal.

1 V.circunfleja ilíaca superficial
2 V.epigástrica superficial
3 V.femoral
4 Hiato safeno, limitada por el borde falciforme
5 Vv.pudendas externas
6 V.safena interna
7 V.safena accesoria
8 "V.femoropoplítea"
9 Red venosa dorsal del pie
10 Arco venoso dorsal del pie
11 Vv.digitales dorsales del pie
12 Vv.metatarsianas dorsales subcutáneas
13 V.safena externa
14 V.poplítea
15 Red venosa plantar
16 Arco venoso plantar
17 Vv.digitales plantares
18 Vv.metatarsianas plantares

En el dorso del pie existe una red venosa epifascial de mallas estrechas, la *red venosa dorsal del pie* (fig. **171a**) que recoge la sangre de la vena profunda del dorso del pie y de la planta del pie, pero también de la red venosa subcutánea de la planta del pie (falta en la palma de la mano) (fig. **171b**).
Los troncos longitudinales de la red venosa yacen predominantemente en la parte del dedo gordo y del dedo pequeño; las anastomosis transversas, ante todo, en la zona distal de los metatarsianos y en la parte dorsal de ambas articulaciones tibiotarsianas. La luz de los vasos es casi siempre más amplia que la de las venas profundas. Comunicaciones directas con la red venosa superficial de la planta del pie existen en ambos bordes del pie y entre los dedos en los pliegues interdigitales.

La **v.safena mayor** (fig. **171**) se origina de las venas longitudinales en la cara interna del dorso del pie y recoge la sangre de la red venosa del maléolo interno, delante del cual se dirige a la cara interna del muslo. Conjuntamente con el n.safeno (fig. **152**) pasa por detrás del cóndilo interno del fémur y llega, a trȁvés de la cara anterior del muslo (fig. **136**), al hiato safeno, donde se hunde en la vena femoral (fig. **209**).

En la v.safena magna desembocan, en la pierna y muslo, numerosas venas. De la cara anterior externa o interna del muslo puede venir una *v.safena accesoria* (fig. **171a**). Casi siempre cerca del hiato safeno penetran en la vena safena magna (en lugar de desembocar directamente en la v.femoral) la *v.epigástrica superficial* (de la piel situada encima de la espina ilíaca anterosuperior) y las *vv.pudendas externas* (de la piel de los genitales externos) (figs. **171a** y **209**).

La **v.safena menor** (fig. **171b**) se origina en el borde externo del pie, a partir de la red venosa del dorso del pie, y recibe afluentes en la región maleolar. *Por detrás* del maléolo externo se dirige a la pantorrilla (figs. **149** y **152**), penetra por la fascia crural y desemboca entre los dos fascículos del m.gastrocnemio en la vena poplítea.

En la pierna existen casi siempre varias anastomosis transversales con la vena safena magna. Una anastomosis superficial puede unir la vena safena menor en torno a la cara interna del muslo con la vena safena magna ("v.femoropoplítea", fig. **171b**) y una parte más o menos grande de la sangre puede ser conducida por esta vía a la vena femoral. Anastomosis profundas pueden formar las vv.perforantes o circunfleja femoral.

b) Vías linfáticas superficiales

Con las venas superficiales y profundas de la extremidad inferior circulan —como en el brazo— *vías linfáticas epifasciales* y *subfasciales* que en el pie, en la región de la fosa poplítea y en la región inguinal están en comunicación entre sí mediante anastomosis profundas.

En la región glútea y en la cara posterior del muslo, después de un corto trayecto los vasos linfáticos superficiales atraviesan la fascia lata (fig. **172b**) y desembocan en los vasos linfáticos profundos; no existen vasos linfáticos longitudinales superficiales.

Los cordones principales de los vasos linfáticos superficiales de la pierna discurren conjuntamente con las dos venas safenas (fig. **172a**).

Las redes de vasos linfáticos superficiales del dorso y la planta del pie están en conexión entre sí y con las vías linfáticas profundas.

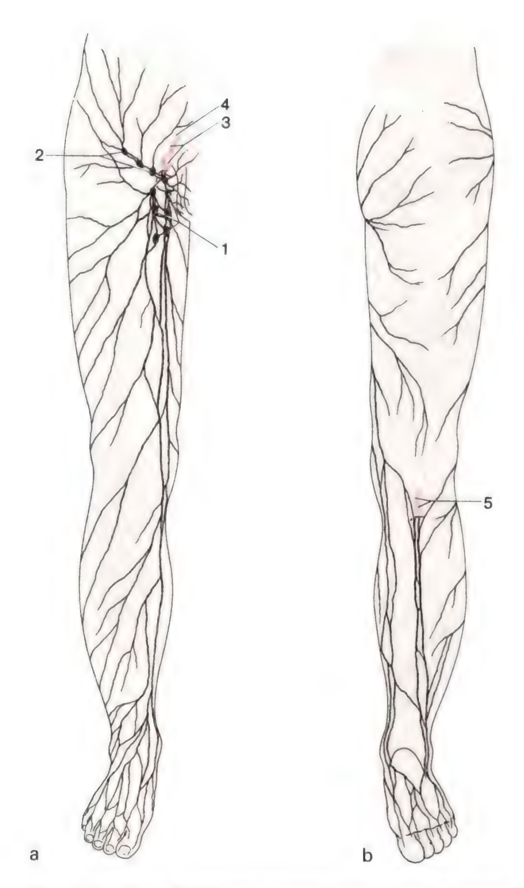


Fig. 172. **Vías linfáticas superficiales de la pierna y ganglios linfáticos inguinales.**
Vías linfáticas superficiales y ganglios linfáticos superficiales ——
Vías linfáticas y nódulos linfáticos profundos ——

1 Ganglios linfáticos inguinales superficiales, trazado longitudinal
2 Ganglios linfáticos superficiales inguinales, trazado oblicuo
3 Ganglios linfáticos inguinales profundos
4 Vías linfáticas profundas a los nódulos inguinales ilíacos externos
5 Ganglios linfáticos poplíteos

Los vasos linfáticos, en compañía de la vena safena mayor, toman linfa predominantemente de la cara interna del pie, así como de la piel (de la mayor parte) de la pierna y muslo y la conducen a los ganglios linfáticos inguinales superficiales. La linfa de la parte externa del pie y de la región maleolar externa es transportada por vasos linfáticos que en la pierna discurren con la v.safena menor y, o bien a través de la fascia crural desembocan en los nódulos linfáticos poplíteos (fig. **172b**), o bien por las vías linfáticas epifasciales cursan a lo largo de la vena safena mayor. La mayor parte de la linfa que circula por las vías linfáticas superficiales de la pierna es dirigida inmediatamente a los ganglios linfáticos superficiales.

Los **ganglios linfáticos superficiales inguinales** (7-15, figs. **172a, 209** y **215a**) yacen en el pliegue inguinal en la fascia lata. El grupo situado a ambos lados del segmento cercano a la desembocadura de la v.safena mayor (haz longitudinal) toma linfa de la piel y subcutis de (casi) toda la extremidad inferior, así como de las capas profundas del pie. A los ganglios linfáticos situados a lo largo del ligamento inguinal (fascículo oblicuo) van vasos linfáticos de la pared abdominal (debajo del ombligo), también del segmento caudal de la espalda, de la región glútea, peroné y genitales externos, y en la mujer también del fondo uterino (a lo largo del lig.redondo del útero por el canal inguinal).

Los ganglios linfáticos de ambos grupos están en conexión entre sí. La distribución de los distintos territorios correspondientes a ambos grupos es variable. Linfa de la pierna puede también llegar a nódulos del fascículo oblicuo, y linfa de la región genital puede llegar a los nódulos internos del fascículo longitudinal (o a los ganglios linfáticos inguinales superficiales del lado opuesto).

Ganglios linfáticos engrosados (p. ej., inflamaciones en el territorio correspondiente, metástasis tumorales) son palpables a través de la piel, y en ocasiones son también visibles.

Los vasos linfáticos eferentes de los ganglios linfáticos inguinales superficiales pasan a través de la fascia cribosa a los ganglios linfáticos inguinales profundos.

c) Nervios cutáneos

Territorios de inervación. Las zonas de inervación de los nervios cutáneos de la extremidad inferior son —como en el brazo— de formación irregular. Los territorios de difusión de los distintos nervios se superponen, y las fibras nerviosas para las distintas cualidades sensoriales, que proceden de uno y el mismo nervio, se comportan distintamente, y además existen todavía ciertas diferencias individuales.

Se describen —como en el brazo— los "campos anatómicos cutáneos", es decir, los territorios de difusión de los nervios cutáneos en el subcutis representados en una preparación anatómica. Como quiera que algunas áreas cutáneas están inervadas por dos (o más) nervios, los territorios de autonomia de los nervios demostrables

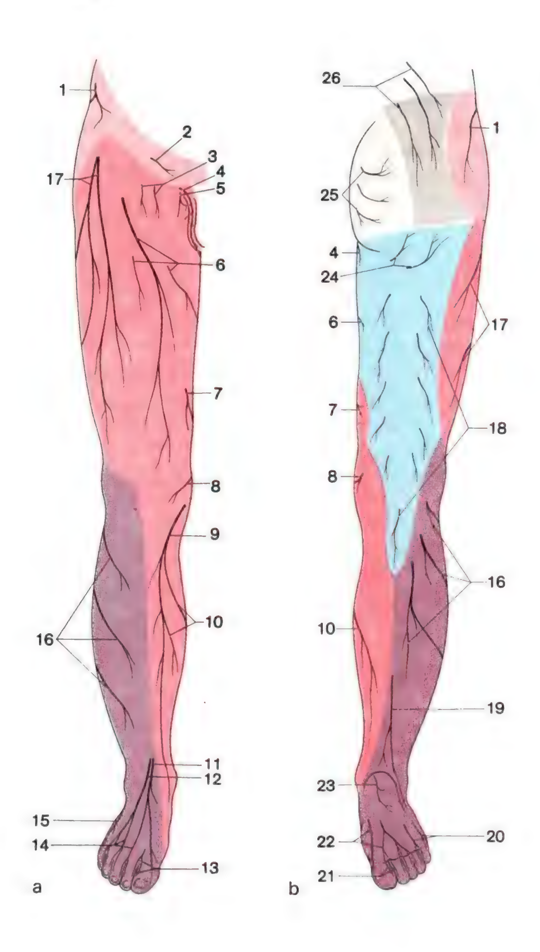


Fig. 173. **Inervación sensitiva del miembro inferior.**
a Cara ventral
b Cara dorsal.

Zonas de inervación

- Ramos de las rr.dorsales de los nn.lumbares$_{1-3}$
- Ramos de las rr.dorsales de los nn.sacros$_{1-3}$
- Ramo del plexo lumbar con fibras del r.anterior del n.torácico$_{1-2}$
- Ramos del plexo lumbar
- Ramos del plexo sacro con fibras del plexo lumbar (sobre el tronco sacrolumbar)
- Ramos del plexo sacro

clínicamente (en la parálisis del nervio afectado) son casi siempre esencialmente menores, o faltan totalmente como en el caso de los nervios iliohipogástrico y genitofemoral.

La piel de la extremidad inferior es inervada sensitivamente en el **muslo** por:
– los *nn.superiores de la nalga* (rr.dorsales de los nn.lumbares I-III) en la región glútea craneal (fig. **173b**),
– los *nn.posteriores de la nalga* (rr.dorsales de los nn.sacros I-III) en el segmento mediocraneal de la región glútea (fig. **173b**),
– los *nn.inferiores de la nalga* (proc. del n.femorocutáneo posterior) en la zona caudal de la región glútea (figs. **135** y **173b**),
– el *r.cutáneo externo del n.abdominogenital* distal de la cresta ilíaca (figs. **173, 194, 209** y **214**),
– los *rr.femorales* (en una área ventral) y *genitales* (en una zona ventral interna) del *n.genitocrural* por debajo del lig.inguinal (figs. **173** y **209**),
– los *nn.escrotales (labiales) anteriores del n.abdominogenital* en una zona vecina al saco testicular o a los grandes labios (fig. **173a**),
– el *n.femorocutáneo posterior* en la cara dorsal (figs. **135** y **173b**),
– el *n.femorocutáneo externo* en la parte externa (figs. **135, 173** y **209**),
– los *rr.cutáneos anteriores del n.femoral* en el lado ventral y ventral interno (figs. **135, 173** y **209**),
– el *r.cutáneo del n.obturador* en la cara interna, por encima de la articulación de la rodilla (figs. **133** y **173**),
– el *r.infrarrotuliano del n.safeno* (proc. del n.femoral), en la parte interna, por debajo de la rótula (figs. **147** y **173a**);
en la **pierna** por:
– el *n.cutáneo femoral externo* en la parte externa (figs. **152** y **173a**),
– el *n.safeno interno* (proc. del n.femoral) en la parte interna (figs. **152** y **173**),
– el *n.sural* (unión del n.safeno externo procedente del n.tibial con el ramo comunicante peroneal), encima del tendón de Aquiles y en el maléolo externo (figs. **152** y **173b**);
en el **dorso del pie** por:

◄ 1 R.cutáneo externo } del n.abdominogenital mayor
2 R.cutáneo anterior } del n.abdominogenital mayor
3 Rr.de la r.femoral } del n.genitocrural
4 R.genital } del n.genitocrural
5 Nn. escrotales anteriores del n.abdominogenital mayor
6 Rr.cutáneos anteriores del n.femoral
7 R.cutáneo del n.obturador
8 R.infrarrotuliano del n.safeno
9 N.safeno
10 Rr.cutáneos crurales internos del n.safeno
11 N.cutáneo dorsal interno
12 N.cutáneo dorsal intermedio
13 Nn.digitales dorsales externos del dedo gordo e internos del 2.° dedo
14 Nn.digitales dorsales del pie
15 N.cutáneo dorsal externo
16 Ramos del n.cutáneo externo de la pierna
17 Ramos del n.femorocutáneo externo
18 Ramos del n.femorocutáneo posterior
19 N.safeno externo
20 Nn.digitales plantares comunes proc. del n.plantar externo
21 Nn.digitales plantares propios
22 Nn.digitales plantares comunes proc. del n.plantar interno
23 Rr.calcáneos internos proc. del n.tibial
24 Nn.inferiores de la nalga
25 Nn.posteriores de la nalga
26 Nn.superiores de la nalga

– el *n.safeno* en el borde interno del pie (figs. **163** y **173a**),
– el *n.cutáneo dorsal interno* (proc. del n.peroneo superficial) en el lado interno, en el borde interno del dedo gordo y en los bordes oponentes del 2.º y 3.er dedo (figs. **164** y **173a**),
– el *n.cutáneo dorsal intermedio* (proc. del n.peroneo superficial) en el lado externo y en los bordes oponentes del 3.er y 4.º dedo, así como el 4.º y 5.º dedo (figs. **164** y **173a**),
– el *n.tibial anterior* en los lados oponentes del 1.er y 2.º dedo (figs. **164** y **173a**),

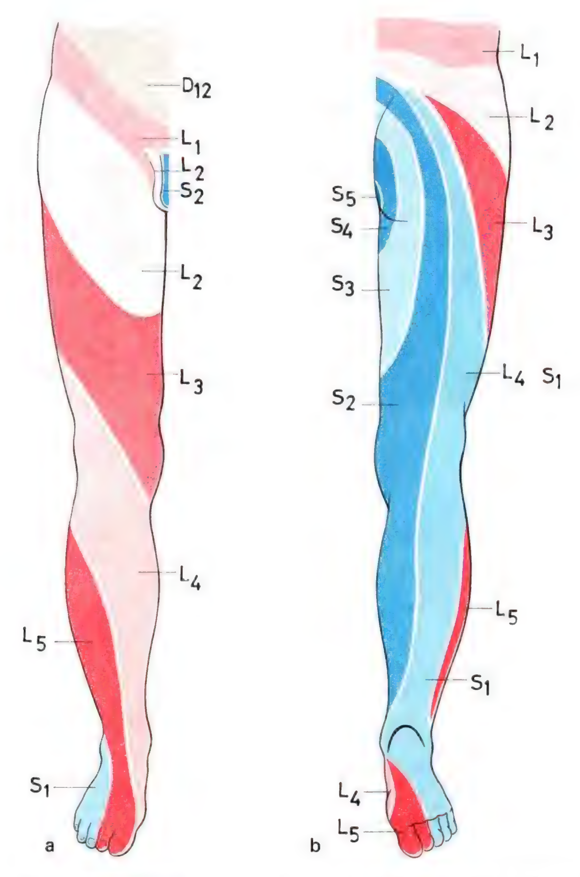


Fig. 174. **Inervación segmentaria de la piel de la extremidad inferior** (dermatomas). (Modificado de HANSEN y SCHLIACK.)
a Vista ventral
b Vista dorsal.

– el *n.cutáneo dorsal externo* (proc. del n.femoral) en el borde externo del pie y en el borde externo del 5.º dedo (figs. **149, 164, 165** y **173a**);

en la **planta del pie** por:

– los *rr.calcáneos internos* (proc. del n.tibial) en la región del talón (figs. **151** y **173b**),

– el *n.plantar interno* (proc. del n.tibial) en la parte interna y en los 3 $^1/_2$ dedos internos (figs. **165** y **173b**),

– el *n.plantar externo* (proc. del n.tibial) en la parte externa y el 1 $^1/_2$ dedos externos (figs. **165** y **173b**).

Inervación segmentaria de la piel de la extremidad inferior (fig. **174**). Los dermatomas de la extremidad inferior proceden de los somitos L_{2-5} y S_{1-3}. Como en el brazo, los segmentos cutáneos están dispuestos en franjas longitudinales de amplitud variable. Distalmente, los más alejados son los dermatomas L_5 y S_1, que, al igual que L_4, ya no están en conexión con los correspondientes segmentos del tronco. El límite entre segmentos lumbares y sacros está situado en el muslo, en un plano casi frontal, en la pierna en uno más sagital.

Los esquemas de dermatomas establecidos con motivo de observaciones clínicas y exploraciones anatómicas de la extremidad inferior difieren notablemente en algunos detalles. Es indiscutible que el dermatoma L_2 es el que más ha conservado la forma de cinturón y que distalmente se une a L_1 (región inguinal). El segmento L_3 se extiende ante todo por la superficie anterior distal del muslo. Un segmento cutáneo en forma de V, cuyo vértice angular en la piel está situado sobre el ligamento anocoxígeo, es atribuido a S_5 y está rodeado por el dermatoma S_4. El segmento S_4 se encuentra en el lado interno de la parte proximal del muslo y llega a la región glútea, mientras que en la parte dorsal del muslo y en el lado dorsal interno de la pierna se extiende la zona en franja de S_2. El segmento cutáneo L_4, que distalmente sigue a L_3, discurre oblicuamente desde la parte proximal externa a la distal interna pasando por la cara anterior de la pierna y llega hasta el borde interno del pie. La piel, en la parte interna del dorso del pie y planta del pie, y en los dos dedos internos, pertenece al segmento L_5, que todavía se desliza por la parte ventral externa de la pierna. Al segmento cutáneo S_1 pertenece una franja en la cara dorsal de la pierna y la piel del talón, del lado externo del dorso del pie y de la planta del pie, así como de los dedos 3.º-5.º.

X. Pared del tronco

La pared del tronco rodea al espacio torácico y al abdominal y está dividida primariamente en segmentos (→ Metamería de la pared abdominal). El fundamento esquelético está formado por las vértebras torácicas y lumbares, las costillas y el esternón. En sentido craneal la pared torácica llega hasta la abertura torácica superior (fig. **198**), en el caudal está limitada a ambos lados por la cresta ilíaca y el ligamento inguinal, y en la parte ventral mediana por la sínfisis del pubis.

La pared del tronco se divide en la *pared torácica*, de situación craneal, y la *pared abdominal*, que le sigue por la parte caudal. Como marca de delimitación se considera la abertura torácica inferior (fig. **198**), cuyo marco esquelético a ambos lados desciende desde el apéndice xifoides del esternón por encima del arco costal y el extremo libre de la 11.ª y 12.ª costilla hasta la 12.ª vértebra dorsal.

Una división de la pared del tronco en anterior, lateral y posterior torácica o abdominal facilita la descripción de la situación de los músculos, vasos o nervios en esta región. No obstante, una distribución de tal tipo no es más que arbitraria ya que en la pared del tronco no existen para ello ningunos límites precisos. Genéticamente puede fundamentarse la delimitación de la región media de la pared dorsal como pared dorsal del cuerpo. Aquí se ha desarrollado en ambos lados de la línea media el esbozo muscular dorsal de localización constante, el epímero (tomo 4: Embriología; sistema muscular), que se ha convertido en la musculatura dorsal autóctona. A ella pertenece la columna vertebral como sistema esquelético. Para la musculatura dorsal autóctona y la piel que la recubre, los vasos y nervios segmentarios emiten el ramo dorsal, mientras que el ramo ventral (o también ventral externo) tiene a su cargo la pared ventral del tronco.

En anatomía topográfica se denomina *dorso* la parte dorsal del tronco. Esta zona corporal comprende también la pared dorsal del abdomen y se extiende desde el occipucio (línea superior de la nuca) hasta el vértice del cóccix. La limitación lateral no está fijada exactamente.

En la exposición siguiente la pared dorsal del tronco es estudiada en un segmento (A.). Comprende –más allá de la pared del tronco en sí– también la *región posterior del cuello* colindante en sentido craneal y en sentido caudal la *región sacra.* En ambos lados la pared dorsal del tronco es delimitada convencionalmente por una línea perpendicular al borde externo de la musculatura dorsal autóctona (→ m. erector de la columna).

El término "pared dorsal del tronco" es utilizando aquí como concepto genético (no topográfico). Para, en la descripción de la anatomía superficial, poder considerar también los músculos que han llegado a la región de la pared dorsal emigrados de los arcos branquiales y la musculatura de las extremidades, se comenta también allí la topografía superficial del dorso (y no solamente de la pared dorsal del tronco).

Correspondientemente, en el apartado C, "Pared ventral del tronco", se expone la pared torácica y abdominal (sin las formaciones pertenecientes a la pared dorsal),

es decir, se describen según la distribución genética la pared ventral del tronco y el diafragma que separa el espacio torácico y abdominal.
En el apartado D, "Anatomía superficial de la región torácica y abdominal", se comenta la topografía de la capa superficial de la pared torácica y abdominal.

A. Pared dorsal del tronco

1. Columna vertebral

La columna vertebral forma el *esqueleto axial* del ser humano. Es una característica anatómica de todos los *animales vertebrados* y sustituye a la *cuerda dorsal,* formación embrionaria primitiva como órgano axial. (Los animales vertebrados son un subgrupo de los animales cordados.) Correspondientemente a la planificación anatómica de los vertebrados, la columna vertebral está situada dorsalmente con respecto a la aorta y —con su masa primordial— ventralmente con respecto a la medula espinal, que está encerrada en el conducto vertebral.

En forma de bastón elástico en forma de doble S, la columna vertebral soporta la masa de cabeza, cuello y tronco y de la extremidad superior. Al mismo tiempo facilita movimientos amplios del tronco en todos los planos del espacio, con lo que realiza misiones de estática y dinámica. La construcción de la columna vertebral por numerosos elementos aislados, óseos y conjuntivales, de los que cada uno sólo tiene una pequeña participación en la motilidad, constituye el substrato morfológico de ambas funciones aparentemente antagónicas.

a) Elementos esqueléticos de la columna vertebral

Las **vértebras** son los elementos anatómicos de la columna vertebral ósea. Poseen una forma básica unitaria que en los diversos segmentos de la columna vertebral es modificada para adaptarse a los distintos requerimientos estáticos y dinámicos.

La división de la columna vertebral obedece a la segmentación de los somitos. El blastema del cuerpo vertebral se desplaza en la ontogénesis hasta la mitad de la altura de un segmento en sentido craneal hacia los miótomos (tomo 4: Embriología; columna vertebral).

Forma fundamental de la vértebra

Cada vértebra (figs. **175-179**) consta de dos partes principales:
– el *cuerpo vertebral*, corto, de forma cilíndrica, y
– el *arco vertebral*, más delgado, en forma de hebilla.

Los cuerpos vertebrales están unidos entre sí por discos intervertebrales fibrocartilaginosos, los arcos vertebrales por apófisis articulares, y todos ellos están unidos por ligamentos.

Cuerpos vertebrales. El borde anterior y el lateral de ambas superficies distales están muy convexamente curvados, el borde posterior está leve-

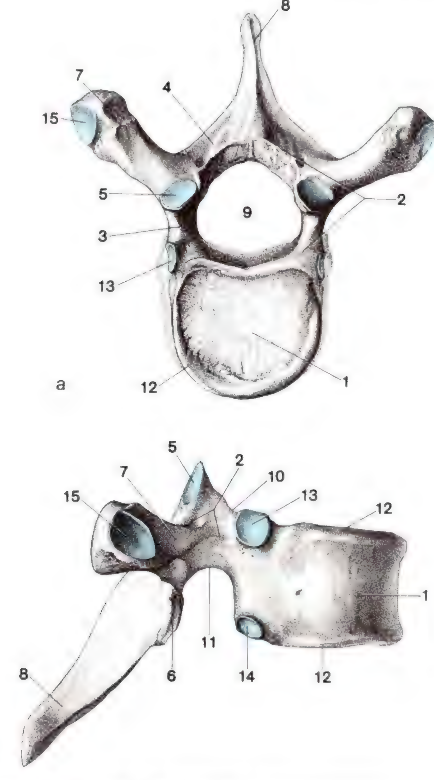


Fig. 175. **Morfología básica de la vértebra, representada en la 6.ª vértebra dorsal.**
a Vista desde arriba
b Vista desde el lado derecho
1 Cuerpo vertebral
2 Arco vertebral
3 Pedículo del arco vertebral
4 Lámina del arco vertebral
5 Apófisis articular superior
6 Apófisis articular inferior
7 Apófisis transversa
8 Apófisis espinosa
9 Agujero vertebral
10 Hendidura vertebral superior
11 Hendidura vertebral inferior
12 Cresta marginal
13-15 Características anatómicas típicas de las vértebras dorsales
13 Fosita costal superior
14 Fosita costal inferior
15 Fosita costal transversa

mente retraído (fig. **175**). Dado que en las caras distales la *cresta marginal* sobresale como un abultamiento, las caras anterior y lateral de los cuerpos vertebrales están algo excavadas y su cara posterior es casi plana.

En las superficies verticales de los cuerpos vertebrales se reconocen una serie de orificios por los que pasan los ramos vasculares. Con excepción de las crestas marginales (epífisis del cuerpo vertebral) la cortical en las superficies distales está extraordinariamente adelgazada y agujereada como un colador. Los inumerables pequeños orificios de los espacios de esponjosa (medula ósea roja) en ambas superficies distales están cubiertos respectivamente por una placa fibrocartilaginosa de cierre que une los cuerpos vertebrales óseos con el disco intervertebral subsiguiente, craneal o caudal.

Las trabéculas de esponjosa de los cuerpos vertebrales están dirigidas predominantemente en dirección vertical y horizontal. La disposición y el espesor corresponden a las direcciones de la tensión principal y de la distribución del requerimiento, que se han demostrado en las experiencias realizadas. Los cuerpos de las vértebras presacras, sometidas a una tensión axial, son adecuados funcionalmente. De craneal a caudal aumentan en altura y superficie.

El diámetro transverso relativo de todos los cuerpos vertebrales (referido a la altura total de todos los cuerpos vertebrales) es en el hombre mayor que en la mujer.

Dos o más cuerpos vertebrales pueden estar fusionados simétricamente o asimétricamente (sinostosados): vértebra de bloqueo. En los bloqueos también está incluido con frecuencia el arco vertebral (tomo 4: Embriología; Malformaciones connatales de la columna vertebral).

Arco vertebral. El *pedículo del arco vertebral* y el segmento lateral que se le une dorsalmente forman las partes arqueadas pares que están unidas por un fragmento de cierre impar, la *lámina del arco vertebral* (fig. **175**). El pedículo, que sólo se une a la mitad superior (del borde dorsal externo) del cuerpo vertebral es más delgado y bajo que el segmento restante del arco, de manera que en el borde craneal y caudal se origina una *hendidura vertebral superior* e *inferior* respectivamente (fig. **175**). Los huecos correspondientes entre sí de dos arcos vertebrales vecinos delimitan (conjuntamente con las superficies libres de los cuerpos vertebrales por debajo o por encima del pedículo, de la cara dorsal externa del disco intervertebral y de las apófisis articulares que se articulan entre sí respectivamente un *agujero intervertebral* (fig. **187**) por el que sale un nervio espinal del canal vertebral.

Los orificios intervertebrales son estrechos en la región cervical, y por el contrario son relativamente amplios en el segmento torácico y lumbar, por lo que en la región lumbar los discos intervertebrales constituyen un componente mayor de limitación que en los segmentos craneales (prolapso del disco en más de un 90 % en la región lumbar de la columna vertebral [dolor ciático], estrechamiento de los orificios intervertebrales por formación de exostosis predominantemente en la región cervical). El nervio espinal que pasa por el agujero intervertebral está

envuelto en tejido adiposo y va acompañado por vasos sanguíneos (ante todo plexo venoso).

El segmento lateral del arco vertebral lleva dos *apófisis articulares* (fig. **175**), una *apófisis articular superior* dirigida en sentido craneal, y otra que sobresale en dirección caudal, la *apófisis articular inferior*, cuyas facetas articulares de revestimiento cartilaginoso, "faceta articular superior o inferior" se articulan con la faceta articular de la apófisis correspondiente del arco vertebral precedente o subsiguiente. De cada arco vertebral parte hacia fuera una apófisis lateral fuerte que en las vértebras dorsales es denominada *apófisis transversa* (fig. **175**). El segmento de cierre impar del arco envía hacia la parte dorsal una *apófisis espinosa* de situación mediana que recubre el conducto vertebral por la parte dorsal.

Si las dos mitades del arco vertebral no están fusionadas entre sí dorsalmente, entonces falta el segmento de cierre del arco (lo más frecuente en la región sacrolumbar). Existe entonces una espina bífida (tomo 4: Embriología; Espina bífida).

Canal vertebral. El arco vertebral limita, conjuntamente con la cara posterior del cuerpo vertebral, el *agujero vertebral* (fig. **175**). La totalidad de todos los agujeros vertebrales forma el *canal vertebral* que aloja en su interior a la medula espinal. Su pared en la región intervertebral está completada por el disco intervertebral y ligamentos. La luz del conducto vertebral tiene una amplitud en las distintas regiones de la columna vertebral, sus diámetros son máximos –correspondientes a la localización de las intumescencias de la medula espinal– en la región cervical inferior y en la región lumbar superior. Las curvaturas del canal vertebral corresponden a las curvaturas de la columna vertebral.

División regional de la columna vertebral

Debido a variaciones típicas del plan anatómico general de las vértebras anteriormente descrito, se pueden delimitar y distinguir las siguientes regiones de la columna vertebral (fig. **188**):

7	Vértebras cervicales	
12	Vértebras torácicas (dorsales)	= 24 vértebras presacras
5	Vértebras lumbares	
5	Vértebras sacras	= Hueso sacro
4	(3-6) vértebras coccígeas	= Hueso cóccix

Las vértebras sacras están unidas en un hueso unitario, el hueso sacro. Las vértebras coccígeas están fusionadas en el hueso cóccix.

La forma vertebral típica para la región correspondiente se manifiesta con mayor claridad en la zona media. El número total de vértebras y los límites de los distintos segmentos de la columna vertebral no están fijados de manera estricta. La presente división numérica descrita de la columna ver-

tebral con 33 vértebras se encuentra únicamente en un 40 % de todos los individuos. El número normal de 33 vértebras puede estar aumentado o disminuido (disminución = asimilación de la 1.ª vértebra cervical en el cráneo, desarrollo de hasta 6 vértebras coccígeas o reducción del extremo coxígeo de la columna vertebral, etc.). La cifra típica de 24 vértebras presacrales se encuentra únicamente en el 92 % de los casos.

En un aumento o disminución del número de costillas se presentan desviaciones en la región limitante cervicotorácica o toracolumbar, y mediante la fusión de 4 ó 6 vértebras en un hueso sacro se producen modificaciones en la región lumbosacra. Ocasionalmente, en los límites de las regiones se presentan las denominadas *vértebras de transición*, en las que la modificación del tipo vertebral sólo se presentaba unilateralmente.
Como variante relativamente frecuente, la 7.ª vértebra cervical (más raramente también la 6.ª) lleva, a un lado o a los dos lados, una *costilla cervical*, que puede estar rudimentariamente o totalmente desarrollada, y en unión articular con la vértebra o fusionada con ella. Las costillas libres —que en el caso típico caracterizan a las vértebras torácicas— pueden (raramente) estar involucionadas en la propia 1.ª vértebra torácica. En la vértebra que sigue a la típica 12.ª vértebra torácica se presentan a veces la llamada *costilla lumbar*. A la inversa, la 12.ª vértebra torácica puede no ser portadora de ninguna costilla y pertenecer a la columna lumbar. Variantes correspondientes se encuentran (a menudo unilaterales) en la región limitante lumbosacra o sacrococcígea (p. ej., sacralización de una vértebra lumbar, lumbarización de una vértebra sacra).

Forma de las vértebras en las distintas regiones de la columna vertebral

Vértebras cervicales. En las típicas vértebras cervicales III-VII (fig. **176**) el cuerpo vertebral es relativamente pequeño y casi rectangular; el agujero vertebral es grande y triangular.

La *apófisis transversa* rodea un *orificio transverso* (fig. **176**), ya que con la propia apófisis transversa y la carta lateral del cuerpo vertebral se ha fusionado un rudimento de costilla cervical como una abrazadera ventral. En los agujeros transversos discurre a partir de la C-6 la a.vertebral en sentido craneal (figs. **177** y **189**), la vena vertebral casi siempre hasta la C-7 en sentido caudal. Las *apófisis espinosas* —ligeramente inclinadas en sentido caudal y bifurcadas, a excepción de la espina de la 7.ª cervical (figs. **176** y **177**)— aumentan en longitud desde la parte craneal a la caudal. La prolongación espinosa de la C-7 es la primera de las apófisis espinosas que puede palparse a través de la piel (*vértebra prominente*, fig. **193**). (No obstante, con frecuencia la apófisis espinosa de la 1.ª vértebra dorsal sobresale más intensamente hacia la parte dorsal).

La cara distal craneal de los cuerpos vertebrales es ligeramente cóncava en dirección frontal, la caudal lo es en dirección sagital (en cambio es ligeramente convexa en sentido frontal). En la imagen radiológica se presentan los bordes laterales superiores abultados como eminencias graduales, las *apófisis unciformes*. Las

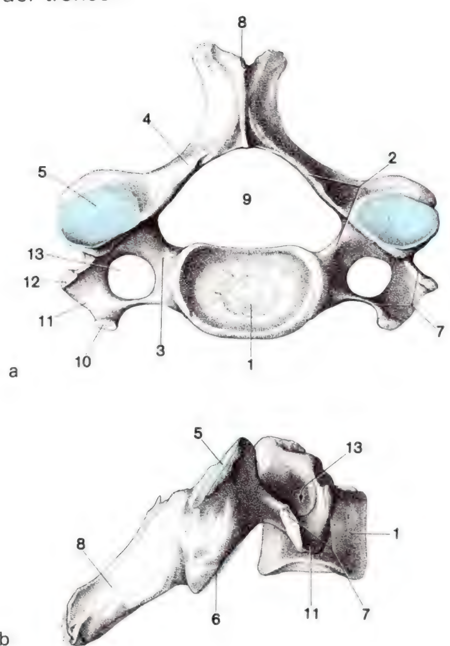


Fig. 176. **4.ª vértebra cervical.**
a Vista craneal
b Vista desde la derecha
1-9 Aclaración → fig. 175
10 Tuberosidad anterior (de las vértebras cervicales)
11 Surco del n.espinal
12 Tuberosidad posterior (de las vértebras cervicales)
13 Agujero transverso

apófisis articulares anchas, planas, bajas están sólo poco inclinadas, el par craneal mira hacia la parte craneal, dorsal y externa, y el caudal correspondiente hacia la parte caudal, ventral e interna.

La *apófisis transversa* termina a los lados en dos pequeñas tuberosidades, una *tuberosidad anterior de las vértebras cervicales*, situada más internamente, y una tuberosidad dorsal externa (fig. **176**). Entre las dos tuberosidades se hunde el *surco del n.espinal.* La tuberosidad ventral está formada exclusivamente, y la dorsal en su mayor parte, por el rudimento de costilla cervical. La tuberosidad anterior especialmente fuerte de la C-6 sobresale claramente (en cambio la tuberosidad anterior de la C-7 está reducida o no existe) y a la altura del cartílago tiroideo inferior puede ser palpada a través de la piel. La a.carótida común, que discurre externamente a esta tuberosidad, se puede comprimir si es necesario contra la tuberosidad anterior: *tubérculo carotídeo.*

Atlas y *axis*, las dos primeras vértebras cervicales, poseen —en relación con la formación de las articulaciones de la cabeza— una configuración algo distinta a la planificación anatómica general de las vértebras. El

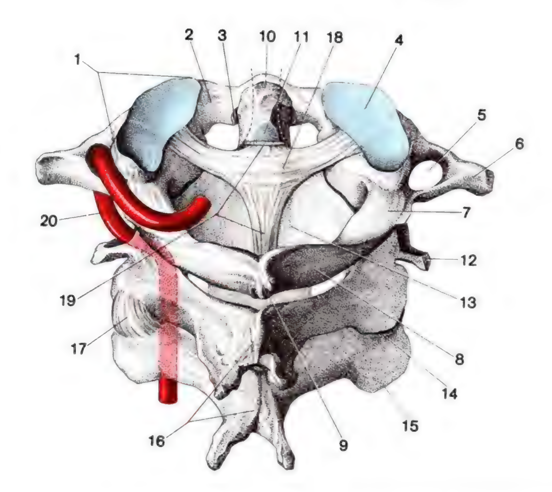


Fig. 177. **Atlas y axis, vista dorsocraneal** (lig. cruciforme atlantoideo conservado pero rama craneal seccionada).

1 Masa externa
2 Arco anterior del atlas
3 Fóvea dentaria
4 Cavidad glenoidea del atlas
5 Agujero intertransverso
6 Apófisis transversa del atlas
7 Surco de la a.vertebral
8 Arco posterior del atlas
9 Tuberosidad posterior
10 Apófisis odontoides
11 Faceta articular posterior de la apófisis
12 Apófisis transversa del axis
13 Cuerpo del axis
14 Apófisis articular superior
15 Apófisis articular inferior
16 Apófisis espinosa de la 2.ª y 3.ª vértebra cervical
17 Cápsula articular
18, 19 Lig. cruciforme del atlas
18 Lig. transverso del atlas
19 Fascículos longitudinales
20 A.vertebral

atlas, que soporta la cabeza, carece de cuerpo vertebral. El material estructural del cuerpo del atlas se ha fusionado con el cuerpo de la segunda vértebra cervical y forma el diente del axis, dirigido en sentido craneal. En torno a esta prolongación giran atlas + cabeza. Por tanto, el atlas y el axis, como vértebras de giro, son diferenciadas de las vértebras restantes (vértebras de flexión).

El *atlas* (fig. **177**) consta de un pequeño *arco anterior* (originado de material estructural que en las vértebras restantes fue incorporado al disco intervertebral) y un extenso *arco posterior* que dorsalmente termina en una pequeña *tuberosidad posterior*, un rudimento de apófisis espinosa. En el arco anterior sobresale levemente, en la cara ventral, una pequeña *tuberosidad anterior*, y en la cara dorsal está situada la fóvea dentaria revestida de cartílago para la articulación con la apófisis odontoides (fig. **187**). El arco anterior y el posterior están unidos entre sí por potentes *masas laterales del atlas* que sobresalen hacia dentro. Estas masas asumen la carga de la cabeza y llevan en la cara craneal los acetábulos de forma oral

o arriñonada, las *cavidades glenoideas del atlas*, para los cóndilos occipitales. Sus ejes longitudinales convergen en sentido ventral. En una rugosidad en la cara interna de la masa lateral se adhiere un ligamento transverso, el *ligamento transverso del atlas* (figs. **177** y **187**), que rodea el diente del axis desde la parte dorsal y evita —salvo acciones violentas intensas— la luxación del diente y su penetración en la medula espinal.

La *fosita articular inferior* redondeada, en la cara inferior de cada masa lateral, es plana o levemente cóncava en la vértebra macerada. Mira en sentido caudal interno y algo hacia el lado dorsal. El revestimiento cartilaginoso de la superficie articular forma en general una franja baja de situación transversal, de manera que la cara articulante adopta levemente un aspecto convexo.
Hacia los lados la masa lateral se continúa en la *apófisis transversa*, que está atravesada por el *agujero intertransverso*. Se prolonga hacia los lados, se puede palpar detrás del ángulo maxilar a través de la piel y está inclinada en sentido caudal. Inmediatamente detrás de la masa lateral incide un surco transverso, el *surco de la arteria vertebral*, en el borde craneal del arco dorsal (fig. **177**). En algunos casos está cerrado en forma de foramen. En el surco discurre la a.vertebral (fig. **192**) que procede del orificio intertransverso I y se dirije al orificio mayor.

En el axis (fig. **177**) se distingue el *cuerpo vertebral*, el *arco vertebral* y la *apófisis odontoides* que se asienta sobre el cuerpo. La apófisis odontoides posee una *faceta articular* ovalada *anterior* y *posterior* para la articulación ventral con la fóvea del arco anterior del atlas y dorsal con el ligamento transverso del atlas (figs. **177** y **187**). Del vértice romo de la apófisis parte del *ligamento apical* hacia el borde anterior del agujero mayor (fig. **187**). Puede contener restos de la cuerda dorsal. De las caras laterales de la apófisis salen los ligamentos alares que se insertan en la cara interna de los cóndilos del occipital y en el borde interno limitante del agujero occipital (fig. **192**).

La *faceta articular superior* del axis, situada a los lados de la base de la apófisis, mira hacia fuera y un poco en sentido dorsal. La superficie articular constituye una sección de la superficie de un cilindro situado transversalmente. Su bóveda convexa en dirección dorsoventral condiciona que en un movimiento de giro en la articulación atlanto-axial la faceta articular inferior del atlas se mueva hacia adelante en una parte y en la otra hacia atrás para profundizar en una distancia mínima (aproximadamente 2 mm). La faceta articular inferior del axis es similar a la superficie correspondiente de la vértebra cervical siguiente. La apófisis espinosa del axis es corta y bifurcada.

Vértebras torácicas. Las vértebras torácicas (fig. **175**) corresponden a la muestra esquematizada en la pág. 482. El cuerpo vertebral se ve en la inspección en forma de corazón de naipe hasta triangular, y el agujero vertebral se ve redondo. Característico de las vértebras torácicas es el desarrollo de superficies articulares revestidas de cartílago en el cuerpo vertebral y apófisis transversas para la articulación con las costillas libres.

Las costillas 2.ª a 10.ª se deslizan con la cabeza costal respectivamente entre dos vértebras, de manera que la 2.ª - 9.ª vértebra torácica tienen en

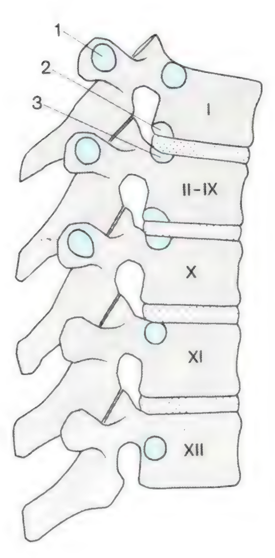


Fig. 178. **Ordenación de las superficies articulares en las vértebras torácicas para las conexiones vértebras-costillas.**
Esquema
1 Fosita costal transversal
2 Fosita costal superior
3 Fosita costal inferior

el borde superior y en el inferior una media cavidad articular, la *fosita costal superior* e *inferior* (figs. **175-178** y **200**). La primera vértebra torácica articula con 1 y 1/2 costillas y posee una cavidad articular completa y una media. La 10.ª vértebra torácica posee únicamente una semicavidad acetabular para la faceta articular inferior de la cabeza en la 10.ª costilla. El 11 y el 12 cuerpo vertebral dorsal poseen respectivamente toda una cavidad articular para las correspondientes costillas.

La apófisis transversa de las vértebras torácicas posee una *fosita costal transversa* para la articulación con la tuberosidad de la costilla (figs. **175, 178** y **200**). Puede faltar en la 11 y 12 costilla torácica. Las superficies articulares planas de las apófisis articulares están situadas casi frontalmente, las superiores miran hacia la parte dorsal, las inferiores hacia la ventral. Las apófisis espinosas son largas, las 10 primeras son muy dobladas hacia la parte caudal (fig. **175**) de manera que se cubren como un techo de tejas.

Vértebras lumbares. Los cuerpos de las vértebras lumbares son muy fuertes, de forma arriñonada (fig. **179**). El orificio vertebral tiene la forma de un triángulo.

En la 5.ª vértebra lumbar –e igualmente en la 1.ª vértebra sacra– la cara anterior del cuerpo vertebral es más alta que la cara posterior. Ambos cuerpos vertebrales y el disco intervertebral que las une tienen forma de cuña. En la 5.ª vértebra lumbar, por la relativa movilidad de la conexión

lumbo-sacra, existe el peligro de que la cara craneal de la primera vértebra sacra, inclinada en unos 35° en sentido ventral, se desplace hacia adelante.

La apófisis lateral de la vértebra lumbar, la *apófisis costal* (fig. **179**) no es homóloga a la apófisis transversa de las vértebras torácicas, sino que constituye un fuerte

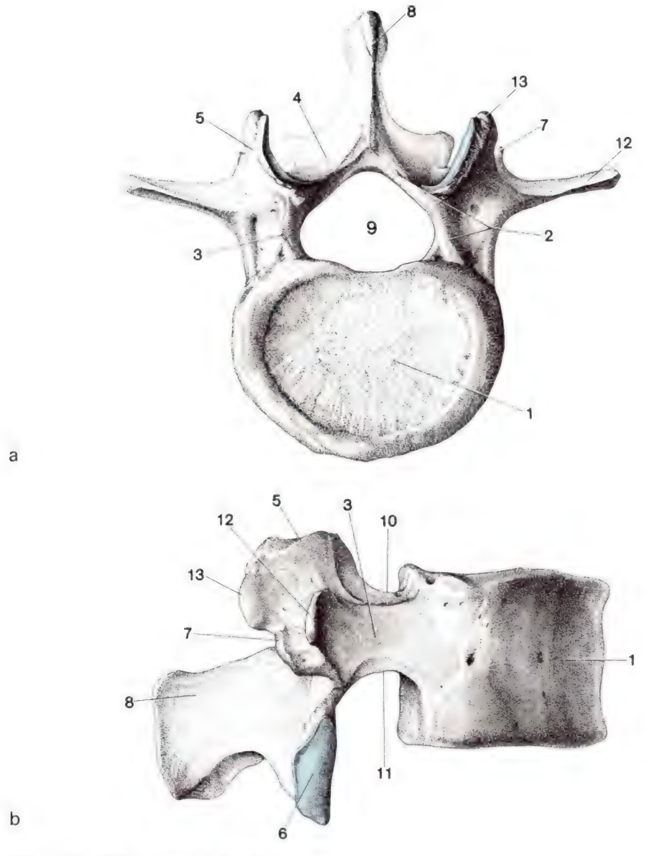


Fig. 179. **3.ª vértebra lumbar.**
a Vista craneal
b Vista desde la derecha
1 Cuerpo vertebral
2 Arco vertebral
3 Pedículo del arco vertebral
4 Lámina del arco vertebral
5 Apófisis articular superior
6 Apófisis articular inferior
7 Apófisis accesoria (de las vértebras lumbares)
8 Apófisis espinosa
9 Agujero vertebral
10 Hendidura vertebral superior
11 Hendidura vertebral inferior
12 Apófisis costal
13 Apófisis mamilar

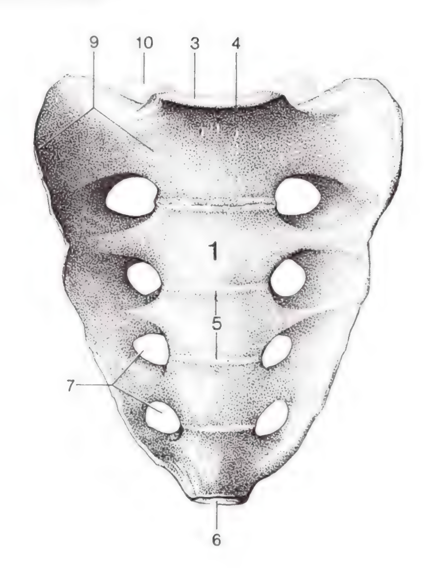
rudimento costal que está fusionado con la propia apófisis transversa. Como resto visible externamente de la apófisis transversa sobresale detrás de la base de la apófisis costal una punta ósea pequeña, a menudo poco clara en las vértebras lumbares caudales, la *apófisis accesoria.*

Las robustas apófisis espinosas aplanadas en ambos lados (fig. **179**) están dirigidas hacia la parte dorsal. La separación entre dos apófisis espinosas es relativamente grande, de manera que para la punción lumbar —con el tronco inclinado hacia adelante—, la aguja de punción en la región lumbar puede ser introducida fácilmente en el conducto vertebral.

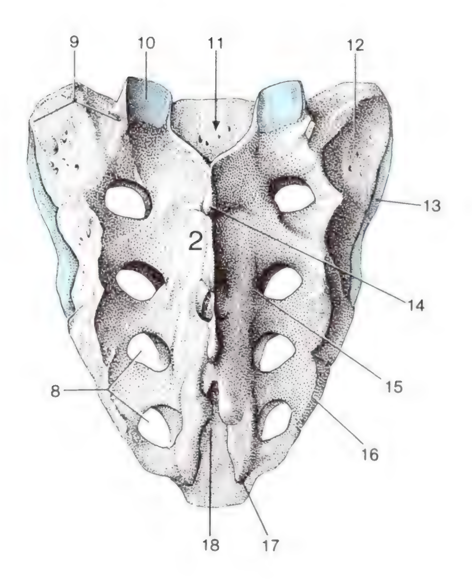
Las facetas articulares de las apófisis articulares forman secciones de una superficie cilíndrica y están situadas perpendicularmente casi en dirección sagital. La cara de las apófisis articulares caudales mira hacia fuera y está rodeada por la cara cóncava de las apófisis craneales de la vértebra siguiente.
En la *apófisis mamilar* (fig. **179**) los músculos intertransversales internos lumbares y los músculos rotadores largos se adhieren a una tuberosidad muscular en la cara externa de las apófisis articulares superiores que está desarrollada, ante todo, en las vértebras lumbares craneales.

Sacro. En el *hueso sacro* (fig. **180**) están unidos por regla general 5 vértebras sacras en un solo hueso que en sentido dorsoventral está aplanado en forma de pala y que mirado por delante tiene forma triangular. La cara craneal de la ancha *base del hueso sacro* está en conexión con el cuerpo de la 5.ª vértebra lumbar por medio de un disco intervertebral en forma de cuña, mientras que en sentido caudal, el cóccix se une al vértice remo y estrecho del sacro (en individuos de edad avanzada unidos en sinostosis). Los límites de las vértebras aisladas son marcados en la cara ventral cóncava, la *cara pélvica*, por *líneas transversas.* Las apófisis transversas, rudimentos costales y ligamentos osificados que corresponden a los ligamentos intertransversales y costotransversales de la región torácica, están igualmente fusionados y forman a cada lado del *cuerpo del sacro* una *porción lateral.* A nivel de la 2.ª y 1/2 vértebra sacra superior lleva la *faceta auricular* (fig. **180c**) que forma una anfiartrosis con la faceta articular del mismo nombre del hueso ilíaco. En la *tuberosidad sacra* que se une dorsalmente, los ligamentos sacroilíacos interóseos se adhieren a una superficie ósea tuberosa áspera.

Mediante la fusión de las vértebras, los rudimentos costales y las masas ligamentosas osificadas, en la región de las cuatro vértebras sacras superiores en lugar de los agujeros intervertebrales se originan en cada lado cuatro canales en forma de T mayúscula por los que atraviesan los nervios sacros I-IV. Los ramos ventrales o dorsales (nervios sacros) abandonan estos canales óseos por los *agujeros sacropélvicos* o *dorsales* (figs. **180a**-**c** y **186**) que están situados en los dos extremos de los segmentos transversos de la T y señalan el límite externo de los cuerpos vertebrales fusionados. Los arcos vertebrales fusionados circunscriben la continuación caudal del conducto vertebral, el *canal sacro*, triangular en corte horizontal (fig. **180c, d**). Dado que el arco de la 5.ª vértebra sacra falta



a



b

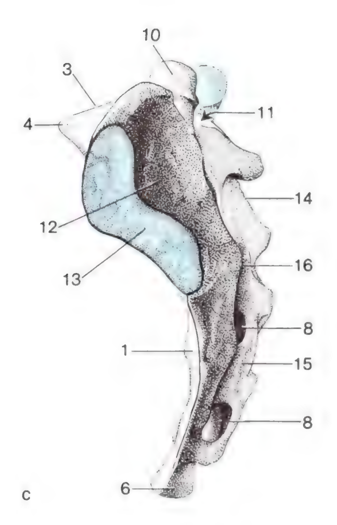


Fig. 180 a-d. **Hueso sacro.**
a Hueso sacro, vista ventral
b Hueso sacro, vista dorsal
c Hueso sacro, vista desde la izquierda
d Hueso sacro, vista craneal
1 Faceta pélvica
2 Faceta dorsal
3 Base del hueso sacro
4 Promontorio
5 Líneas transversas
6 Vértice del hueso sacro
7 Agujeros sacropélvicos
8 Agujeros sacrodorsales
9 Porción lateral
10 Apófisis articular superior
11 Canal del sacro
12 Tuberosidad del sacro
13 Faceta auricular
14 Cresta sacra media
15 Cresta sacra intermedia
16 Cresta sacra externa
17 Astas del sacro
18 Hiato del sacro

en su mayor parte y el arco de la 4.ª vértebra sacra casi nunca está totalmente cerrado, se origina un hueco en la pared posterior osificada del conducto, el **hiato** del **sacro**, que es obstruido por ligamentos (figs. **180b** y **186**) *(ligamento sacrococcígeo dorsal superficial).*

Las apófisis espinosas unidas forman en la cara dorsal convexa del hueso sacro (fig. **180b**) una guia ósea ondulada, la *cresta media del sacro.* Externamente a ella pero por dentro de los agujeros sacrodorsales se origina mediante la fusión de las apófisis articulares, la *cresta sacra intermedia* de formación par. Cursa apicalmente en el cuerpo sacro (figs. **180b** y **186**). En la base del sacro se articula en cada lado una apófisis articular craneal situada casi frontalmente, la apófisis articular superior, con la apófisis articular inferior de la última vértebra lumbar. A los lados de los agujeros sacrodorsales discurre la *cresta sacra externa*, casi siempre más clara en el segmento craneal y que se ha originado de la fusión de las apófisis

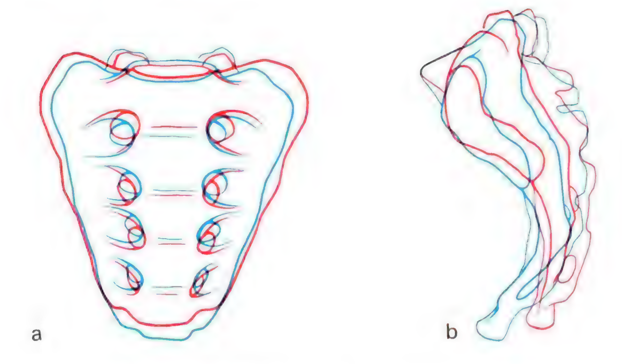


Fig. 181. **Diferencias en el hueso sacro según el sexo.**
a Vista ventral
b Vista externa
(Contornos del sacro masculino (——) y femenino (——) en proyección superpuesta)

transversas y cuyas pequeñas eminencias corresponden a las apófisis accesorias de las vértebras lumbares.

El hueso sacro del adulto presenta en general notables diferencias según el sexo (fig. **181**). En el hombre es más largo, más estrecho y más fuertemente curvado que en la mujer.

Cóccix. Mientras que la primera vértebra coccígea aún permite identificar rudimentos de un arco vertebral, los siguientes consisten únicamente en material corporal vertebral y se hacen progresivamente más pequeños en sentido caudal (fig. **182**). Dorsalmente a la cara craneal del hueso cóccix, que al menos en el hombre joven, todavía está unido con el vértice del sacro, mediante un disco ligamentoso, se extienden como restos de las apófisis articulares craneales dos *astas coccígeas* hacia las astas del sacro. El espacio intermedio considerable que existe a cada lado entre ambas apófisis es superado por un "*lig.sacrococcígeo articular*" (fig. **186**).

Hasta los 30 años casi siempre las últimas tres vértebras coccígeas y más tarde todas ellas, están unidas en sinostosis con el hueso coccígeo. Sin embargo, entre la 1.ª y 2.ª vértebra coccígea puede estar desarrollada una unión articular que facilita una cierta movilidad del cóccix cuando en la edad avanzada la 1.ª vértebra coccígea está unida mediante osificación con el hueso sacro. Durante el parto el cóccix se desvía hacia atrás.

La **osificación** de las vértebras comienza en el 3.^{er} mes embrionario (un núcleo de osificación en el cuerpo vertebral, una abrazadera ósea pericondral en cada una de las bases del arco (fig. **183**); en las vértebras cervicales y en las lumbares inferiores la osificación pericondral del arco se presenta antes que los núcleos del cuerpo vertebral, mientras que en las vértebras restantes aparecen en general primero los núcleos del cuerpo vertebral. El centro de osificación en cada base del arco se fusio-

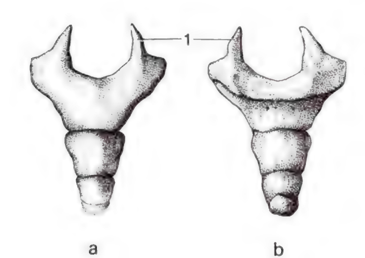


Fig. 182. **Cóccix.**
a Hueso coccígeo, vista ventral
b Hueso coccígeo, vista dorsal
1 Asta del cóccix

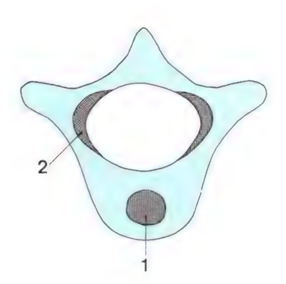


Fig. 183. **Osificación de la vértebra.**
1 Núcleo de osificación central en el cuerpo vertebral
2 Abrazadera ósea pericondral en la base del arco

na con el núcleo de osificación en el cuerpo vertebral en el 3.^{er}-5.^{o} año de vida; las zonas de osificación de los segmentos pares del arco se fusionan entre sí en el 1.^{er}-3.^{er} año. La osificación de las líneas marginales cartilaginosas se realiza a partir de los 12 años. Los núcleos de osificación apofisarios en las apófisis vertebrales se presentan alrededor de los 12 años. Como quiera que se fusionan con la vértebra relativamente tarde (16-25 años), pueden provocar interpretaciones erróneas en la imagen radiológica.

b) Conexiones de los cuerpos y arcos vertebrales

Los cuerpos vertebrales están en conexión entre sí por medio de los *discos intervertebrales*, los arcos lo están mediante *articulaciones del arco vertebral.* Además, entre los cuerpos vertebrales y entre los arcos vertebrales existen *ligamentos* cortos y largos.

Los discos intervertebrales influyen en la amplitud de movimientos de la columna vertebral, las articulaciones del arco vertebral determinan ante todo la dirección del movimiento.

El "espacio de motilidad" entre dos vértebras es denominado también con frecuencia *segmento de movimiento.* Este término comprende: el disco intervertebral y su fijación cartilaginosa hialina, las articulaciones vertebrales pares, los agujeros intervertebrales pares, el segmento correspondiente del canal vertebral con su con-

tenido, así como los músculos, ligamentos, nervios y vasos de la región intervertebral. Entre las partes de un segmento de motilidad existen relaciones topográficas y funcionales especialmente estrechas, de manera que la lesión de una parte actúa constantemente también sobre otras partes del segmento motor.

Uniones de los cuerpos vertebrales

Los **discos intervertebrales** unen desde la C-2 hasta el sacro respectivamente los cuerpos de dos vértebras consecutivas (fig. **185**). La altura de los discos intervertebrales avasculares y prácticamente carentes de nervios en el adulto importa en total aproximadamente 1/4 de la columna vertebral presacra. Correspondientemente a las curvaturas típicas de la columna vertebral, en la región lumbar y cervical los discos intervertebrales son más altos delante, en la región torácica detrás. Aumentan globalmente en altura media y superficie desde la parte craneal hacia la caudal.

En el sacro, la osificación de los discos intervertebrales comienza a los 15 años y termina en el cuarto decenio de vida. Entre sacro y cóccix y entre las vértebras coccígeas aún no fusionadas por osificación, existen discos intervertebrales modificados (sin núcleo de gelatina).

Los *discos intervertebrales* (figs. **184** y **187**) constan de:
- *anillo fibroso* (laminillas conjuntivales y cartílago fibroso en estratos concéntricos), y
- el *núcleo pulposo*, el núcleo de gelatina de situación central (condromucoideo-gelatinoso).

Anillo fibroso. En la zona externa están incluidos fibrocitos (células tendinosas) entre los haces de fibras colágenas, en la zona interna que sigue a continuación (tejidos más laxos y más ricos en líquido) están incluidas células cartilaginosas con escasa cantidad de sustancia fundamental cartilaginosa. Los haces de fibras colágenas dentro de una laminilla siguen un trayecto paralelo entre sí, en sentido opuesto a las fibras de la laminilla siguiente, en giros espirales de cuerpo vertebral a cuerpo vertebral. Están fijadas respectivamente en las líneas marginales óseas y en las placas de cierre de cartílago hialino de los cuerpos vertebrales. Un disco intervertebral es por tanto un producto artificial y se origina por sección de las fibras colágenas que penetran en los cuerpos vertebrales.

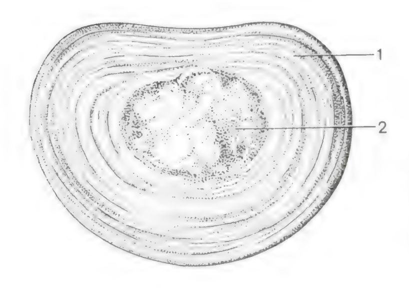


Fig. 184. **Disco intervertebral en la región de la columna vertebral lumbar.**
Vista craneal
1 Anillo fibroso
2 Núcleo pulposo

Núcleo pulposo. El núcleo gelatinoso se ha originado en una masa gelatinosa mucosa cuyo contenido de agua es superior a un 80 % por transformación del mamelón pericordal de cartílago hialino del esbozo embrionario del disco intervertebral. El núcleo pulposo está bajo presión interna. Sitúa a las laminillas circundantes bajo tensión desde dentro y se hincha cuando se secciona el disco intervertebral (fig. **184**).

Con la progresiva edad (especialmente evidente a partir del 3.er decenio) disminuye la tensión coloidosmótica del núcleo gelatinoso y el contenido de agua desciende. La deformabilidad y la elasticidad se hacen menores. Desde el final de 1.er decenio en los discos intervertebrales de las vértebras cervicales se presentan regularmente desgarros –primero en las partes laterales del anillo fibroso– que bajo la influencia de los movimientos normales de la columna cervical se ensanchan frecuentemente en fisuras transversas, *fisuras uncovertebrales.*

El núcleo gelatinoso y el anillo fibroso actúan conjuntamente. El incompresible pero deformable núcleo pulposo es levemente deslizable. Lleva el cuerpo vertebral como un almohadón de agua, cuida de que haya una distribución tensional uniforme y mantiene tenso el anillo fibroso. Este constituye una envoltura resistente a la tracción, que asegura la unión de los cuerpos vertebrales y presta resistencia contra la tracción y rotación.

Ligamentos de la columna de los cuerpos vertebrales. Los cuerpos vertebrales, además de estar unidos por los discos intervertebrales, lo están por un *ligamento longitudinal anterior* y uno *posterior.*
El *lig.longitudinal anterior* (figs. **118, 187** y **200**) se extiende desde el hueso occipital y la tuberosidad anterior del atlas al sacro y termina en la

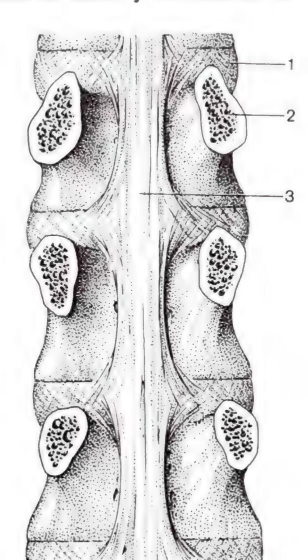


Fig. 185. **Lig. longitudinal posterior en la región de la columna vertebral lumbar,** arco vertebral seccionado en la raíz del arco.
1 Disco intervertebral, anillo fibroso
2 Pedículo del arco vertebral (superficie de corte)
3 Lig. longitudinal posterior

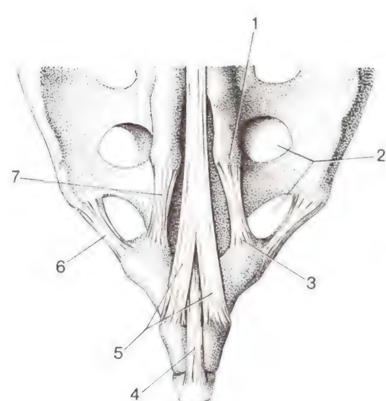


Fig. 186. **Unión sacro-cóccix,** vista dorsal.
1 Asta del sacro
2 Agujeros sacros dorsales
3 Asta del cóccix
4 Lig. sacrococcígeo dorsal profundo
5 Lig. sacrococcígeo dorsal superficial
6 Lig. sacrococcígeo externo
7 "Lig. sacrococcígeo articular"

zona caudal como *lig.sacrococcígeo ventral.* Está fuertemente unido con la cara anterior de los cuerpos vertebrales, y en la faceta pélvica del hueso sacro está fusionado con el periostio.
El ligamento longitudinal dorsal más débil, el *lig.longitudinal posterior* (figs. **185** y **187**), sale del clivus, discurre a lo largo de la cara dorsal de los cuerpos vertebrales, y en la parte caudal pasa al *lig.sacrococcígeo dorsal profundo* (fig. **186**). Está adherido respectivamente al borde superior e inferior de los cuerpos vertebrales y a los discos intervertebrales.

Mientras que el ligamento longitudinal anterior se hace progresivamente más ancho de craneal a caudal, el posterior es claramente más estrecho en la región caudal pero se ensancha a nivel de los discos intervertebrales. En ambos ligamentos las fibras no cursan por toda la longitud, sino que se extienden como máximo por cuatro o cinco vértebras.

La columna de cuerpos vertebrales, que se ha liberado de los arcos, permite una flexión esencialmente más amplia que la columna vertebral completa. Con el hueso sacro fijo, el extremo craneal se deja flexionar hacia abajo, hacia adelante y hacia atrás hasta la altura de la pelvis. Una inclinación hacia adelante y hacia atrás más intensa de la columna de los cuerpos vertebrales es impedida por el ligamento longitudinal posterior o anterior. Ambos ligamentos tienen una importancia esencial para el mantenimiento de la propia forma de la columna vertebral, ya que son tensados por la "fuerza explosiva" de los núcleos gelatinosos, lo mismo que las laminillas del anillo fibroso.

Uniones de los arcos vertebrales

Los arcos vertebrales están unidos entre sí:
en las "articulaciones intervertebrales" y,
entre los arcos vertebrales por

– los *ligg.amarillos* (fig. **187**, predominantemente de “fibras” elásticas),
– los *ligg.interespinales* (figs. **187** y **200** entre las apófisis espinosas),
– el *lig.supraespinoso* (fig. **200**, desde la 7.ª vértebra cervical hasta el sacro por los vértices de las apófisis espinosas),
– el *lig.de la nuca* (fig. **187**, placa delgada de tejido entre la protuberancia externa y la 7.ª espina vertebral cervical; en el hombre escaso componente de “fibras” elásticas),
– los *ligg.intertransversales* (fig. **200**, ligamentos débiles en la región torácica entre las apófisis transversas, en la región lumbar entre las apófisis accesorias).

Desde el extremo caudal de la cresta sacra externa se extiende como ligamento potente el ligamento sacro coxígeo externo hasta el rudimento de la apófisis transversa de la 1.ª vértebra coxígea (fig. **186**). Puede osificarse de manera que se forme un foramen sacro coxígeo (para el ramo ventral del nervio sacro V).

Las **articulaciones de los cuerpos vertebrales** son diartrosis que se han originado como articulaciones de fijación. La cápsula articular se inicia en los bordes de las caras articulares de las apófisis articulares (figs. **177** y **187**). Es ancha y fláccida en las vértebras cervicales; en la región torácica y lumbar es estrecha y rígida y está reforzada por ligamentos de curso longitudinal.

Desde la parte interna se desliza entre las superficies articulares —en los adultos predominantemente en la columna cervical y parte media de la columna lumbar, en los niños más o menos en todas las articulaciones vertebrales— una placa conjuntival a modo de menisco, rica en vasos, que está en relación con el tejido conjuntivo del agujero intervertebral. Se le atribuye una importancia mecánica.

La *forma y posición de las caras articulares* son distintas en las diversas regiones de la columna vertebral. Correspondientemente, también difieren la dirección preferida y la amplitud de las posibilidades de movimiento.

Las superficies articulares se deslizan recíprocamente y el cierre de las caras articulares es anulado. Las oscilaciones de movimiento entre dos vértebras vecinas, si bien son relativamente escasas, pueden, por una sumación de movimientos aislados, alcanzar, sin embargo, una notable amplitud.

Las caras articulares de las *vértebras cervicales*, poco inclinadas con respecto a la horizontal, favorecen un tipo de movimiento más indiferente y facilitan —exceptuemos los movimientos en las articulaciones especializadas de la cabeza— una amplia flexión ventral y dorsal, además de una inclinación lateral y una rotación en torno al eje longitudinal.

Las superficies articulares de las *vértebras torácicas* están situadas en posición casi frontal y yacen en un plano oblicuo que va desde ventrocraneal a dorsocaudal. Permiten una amplia flexión anterior, mientras que la flexión dorsal está limitada por las largas espinas dobladas de las vértebras torácicas. Es posible una inclinación lateral muy amplia. La columna vertebral forma, pues, un arco curvado de manera uniforme. La rotación

longitudinal tiene lugar ante todo en la región torácica inferior. Las superficies articulares de dirección predominantemente sagital de la *columna lumbar* permiten (también en el caso de flexión anterior del tronco) una rotación en torno al eje longitudinal de sólo pocos grados, pero en cambio favorecen extensos movimientos de giro en torno a un eje transverso y permiten una inclinación lateral limitada.

Ligamentos en la región de los arcos vertebrales. Los *lig.amarillos*, elásticos, completan en la parte dorsal de los orificios intervertebrales la pared del canal vertebral entre los arcos vertebrales (fig. **187**). Como los *ligg.interespinosos* (fig. **187**) y el *lig.supraespinoso* (fig. **200**), impiden una excesiva inclinación hacia adelante de la columna vertebral. Los ligg.amarillos en posición erecta de la columna vertebral también se encuentran sometidos a una tensión. Si se separan los cuerpos vertebrales de los arcos, se acorta la columna de "arcos" en más de 3 cm.

El lig.de la nuca (fig. **187**), que en los mamíferos cuadrúpedos, como potente ligamento elástico, ayuda a sostener la cabeza, en el hombre sólo posee una escasa significación mecánica.

Articulaciones de la cabeza

Se denominan articulaciones de la cabeza las uniones articulares del occipital, atlas y axis:

- *Articulación occipitoatloidea* (par, unión articular de las fositas cóncavas articulares superiores del atlas, en forma de riñón, con los cóndilos occipitales de forma convexa),
- articulación atloidoaxoidea externa (par, unión articular entre las superficies articulares inferiores del atlas y las superiores del axis),
- articulación atloidoaxoidea mediana (fig. **187**, impar, articulación entre la apófisis odontoidea y la fóvea dentaria atloidea o la superficie cartilaginosa del lig.transverso atloideo).

Las articulaciones atlantoaxiales constituyen una unidad funcional. Mediante la división de las articulaciones de la cabeza en 6 compartimientos articulares aislados por cápsulas, la amplitud de movimiento sufre una limitación, pero aumenta la precisión de los movimientos.

La articulación occipitoatloidea par permite movimientos de inclinación hacia adelante (hasta unos 20°) y hacia atrás (hasta 30°), y en escasa medida una inclinación lateral de la cabeza. Los movimientos de inclinación de la cabeza tienen lugar con respecto a un eje transverso que discurre detrás del conducto auditivo externo por el borde anterior de ambas apófisis mastoides. El cráneo, situado excéntricamente encima del atlas, es equilibrado por la musculatura de la nuca y el m. esternocleidomastoideo. (En el lactante, con su cráneo facial aún relativamente pequeño, el punto de gravedad se encuentra todavía detrás del eje de giro. Con musculatura fláccida la cabeza se dobla hacia atrás).

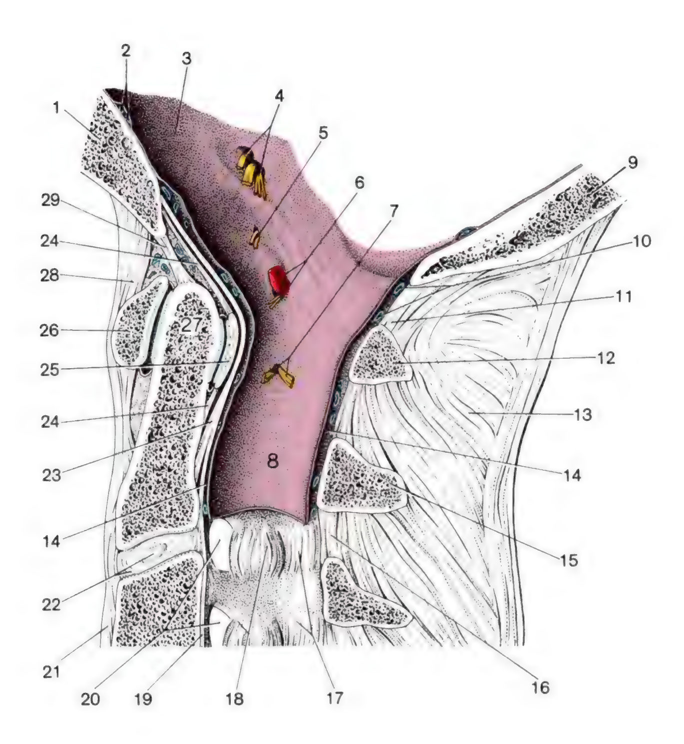


Fig. 187. **Corte sagital medio en la región de las articulaciones de la cabeza.**

1 Parte basilar del hueso occipital
2 Incisiones del plexo basilar
3 Duramadre encefálica
4 Nn.glosofaríngeo, vago y accesorio
5 N.hipogloso
6 A.vertebral y raíces del n.cervical I
7 Raíces del n.cervical II
8 Duramadre espinal, extirpada en la zona caudal del axis (no están representadas las zonas de fijación del lig.denticulado)
9 Escama occipital
10 Incisiones de anastomosis transversas de los plexos venosos vertebrales internos posteriores
11 Membrana occipitoatloidea posterior
12 Arco posterior del atlas
13 Lig. de la nuca
14 Cavidad epidural (tejido adiposo y tej. conjuntivo laxo no representados)
15 Apófisis espinosa del axis
16 Lig.interespinoso
17 Ligg.amarillos
18 Cápsulas articulares de las articulaciones del arco vertebral
19 Lig.longitudinal posterior
20 Agujeros intervertebrales
21 Lig.longitudinal anterior
22 Disco intervertebral con anillo fibroso y núcleo pulposo
23 Membrana tectoria
24, 25 Lig.cruciforme del atlas
24 Fascículos longitudinales
25 Lig.transverso del atlas
26 Arco anterior del atlas
27 Apófisis odontoides (delante y detrás de la superficie articular cartilaginosa: cavidad articular de la articulación atlantoaxial mediana)
28 Membrana atlantooccipital anterior
29 Lig.del vértice de la apófisis

Los ejes longitudinales de los cuerpos articulares de la articulación occipitoatloidea convergen hacia la parte ventral. Las superficies articulares representan un corte de un elipsoide de rotación cuyo eje mayor discurre transversalmente: articulación elipsoide. Las articulaciones de ambos lados en lo referente a la mecánica articular forman una unidad. La cápsula articular es fláccida.

El *movimiento de extensión de la cabeza* (flexión dorsal) es, entre otras, inhibido por
– la *membrana occipitoatloidea anterior* (fig. **187,** del arco anterior del atlas a la cara ventral del hueso occipital, en la parte media reforzado por el lig.longitudinal anterior).
En la flexión hacia adelante se tensan:
– la *membrana tectorial* (fig. **187,** segmentocraneal ensanchado del lig. longitudinal posterior) y
– los *fascículos longitudinales* del *lig. cruciforme atloideo* (figs. **177** y **187**, del cuerpo del axis al segmento inferior del clivus. La rama horizontal del lig.cruciforme es el lig.transverso atloideo).
La *membrana occipitoatloidea posterior* (fig. **187**) cierra el canal vertebral entre el arco posterior del atlas y el occipital (diámetro dorsal del agujero mayor). La relativamente delgada membrana está perforada por la a.vertebral (en la cavidad craneana), por el n.suboccipital (en los músculos profundos de la nuca) y por un plexo venoso.
En la *articulación atloidoaxoidea,* el atlas (y con ello la cabeza) puede ser girada en torno al diente del axis en unos 30° hacia cada lado. Limitando actúan los ligg.alares, de los cuales uno es conducido y tensado hacia adelante y el otro hacia atrás en torno a la apófisis odontoides.

En la *articulación atloidoaxoidea mediana,* el compartimiento articular anterior y posterior pueden estar en comunicación entre sí mediante bolsas sinoviales.

c) Estática y dinámica de la columna vertebral

La columna vertebral en reposo

La columna vertebral del adulto, en posición corporal erguida está curvada en forma de doble S. Los segmentos de curvatura cóncavos hacia la parte dorsal se denominan *lordosis,* los convexos hacia la parte dorsal se denominan *cifosis,* y se distingue (fig. **188**):
– una lordosis cervical (de la 1.ª a la 6.ª vertebra cervical)
– una cifosis dorsal (de la C-6 a la D-9)
– una lordosis lumbar (de la D-9 hasta la L-5)
– una cifosis sacra (en la región sacra y coccígea).
El lugar de flexión de la columna vertebral en el borde superior de la 1.ª vértebra sacra, el *promontorio,* sobresale en la entrada de la pelvis menor y constituye un importante punto de medición para la determinación de diámetros pélvicos (figs. **118, 180a-c** y **118**).

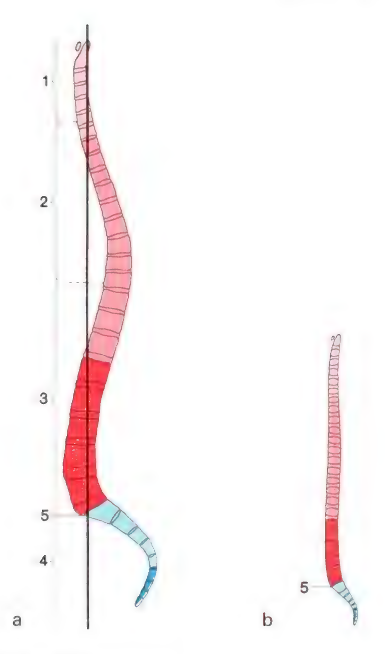


Fig. 188. **Curvaturas de la columna vertebral.**
a Columna vertebral del adulto
b Columna vertebral del recién nacido
Columna cervical
Columna torácica
Columna lumbar
Sacro
Cóccix
Línea de gravedad
1 Lordosis cervical (V.c. I-VI)
2 Cifosis torácica (V.c. VI-V. t IX)
3 Lordosis lumbar (Vc. IX-V. I. V)
4 Cifosis sacra (hueso sacro, hueso cóccix)
5 Promontorio

La columna vertebral en el recién nacido en decúbito es una vara bastante recta que en la región torácica sólo está débilmente curvada de forma convexa en sentido dorsal, y en la región lumbar está débilmente curvada de forma cóncava en sentido dorsal. En la región de las vértebras sacras y coccígeas se reconoce la *cifosis sacra.* El promontorio está ya formado en el lactante, pero es aún relativamente plano. En la posición de asiento toda la columna vertebral forma un arco de convexidad hacia la parte dorsal.

La *lordosis cervical* se forma tan pronto como el lactante empieza a levantar la cabeza. La columna vertebral cervical se transforma en una vara

elástica que soporta la cabeza. El punto de gravedad de la cabeza en el adulto yace delante de la articulación de la cabeza (articulación occipitoatloidea). La cabeza debe mantenerse en equilibrio por medio del cinturón de tracción dorsal del aparato muscular y ligamentoso. Mediante la curvatura lordótica, la columna de los cuerpos vertebrales cervicales (de las resultantes de ambas fuerzas: peso de la cabeza y cinturón de tracción) es requerida frente a la presión axial.

La *lordosis lumbar* se manifiesta cuando el lactante, a finales del 1.er año, endereza el cuerpo y aprende a marchar en posición erguida. Su origen es determinado por los mismos factores que intervienen en la lordosis cervical; la disposición excéntrica de la masa de la parte superior del cuerpo y de los órganos abdominales, cuyo punto de gravedad está delante de una columna vertebral extendida en línea recta, conduciría sin el desarrollo de una curvatura lordótica, a una sobrecarga excéntrica de la columna lumbar.

La *cifosis torácica* se desarrolla entre los dos segmentos lordóticos de la columna vertebral en la zona cervical y lumbar y constituye una curvatura opuesta a la lordosis cervical. Ensancha el tórax hacia la parte dorsal y aumenta el espacio necesario para el alojamiento de los órganos torácicos. La columna vertebral cervical constituye un apoyo elástico de la cabeza, y la columna vertebral lumbar igualmente cóncava en sentido dorsal, lleva el tórax como vara elástica y actúa como parachoques. Mediante la formación de las dos curvaturas lordóticas en la región cervical y lumbar y las curvaturas opuestas en la región dorsal y sacra —unido a las cintas de tracción— se favorece una posición erguida del cuerpo aunque la columna vertebral esté cargada de forma excéntrica.

La amplitud de las curvaturas citadas de la columna vertebral es influida por la posición y situación corporal y depende de factores constitucionales. La columna vertebral, liberada de la musculatura gracias a su propia elasticidad determinada por su aparato ligamentoso, los discos intervertebrales y las estructuras articulares, tiende a un determinado tipo de curvatura, a una forma de equilibrio o de forma propia de la columna vertebral, tan pronto como cesan las fuerzas exteriores originantes de la deformación.

En el curso del día (en caso de bipedestación prolongada o asiento prolongado) la columna vertebral se acorta en unos 2 cm; pues los discos intervertebrales se hacen más bajos (¿cesión de agua de los núcleos gelatinosos?) y las curvaturas de la columna se acentúan algo (disminución de la elasticidad propia de la columna, cansancio muscular).

Las dobladuras pequeñas de la columna en el plano frontal (curvaturas y anticurvaturas) son fisiológicas. Se presentan, por ejemplo, en los individuos que en la fuerte actividad corporal diaria utilizan con regularidad el mismo brazo (casi siempre el derecho) o se observan como consecuencia de una longitud desigual de las piernas (en los diestros con frecuencia la pierna izquierda es más larga). Las curvaturas laterales de la columna vertebral se denominan *escoliosis*. Se acompañan de graves deformaciones del tórax.

La columna vertebral en movimiento

Flexión ventral. La columna vertebral, en conjunto o en segmentos aislados (cervical, lumbar), puede ser flexionada hacia adelante (musculatura abdominal, m. psoas ilíaco, fuerza de gravedad). Los musculos erectores de la columna vertebral son tensados progresivamente y pueden frenar el movimiento. En la flexión ventral de toda la columna vertebral se refuerza la cifosis torácica. La lordosis cervical y la lumbar son compensadas en cambio hasta la vertical.

Flexión dorsal. En la flexión hacia atrás (acción conjunta de diversos componentes del sistema erector) aumenta la curvatura lordótica de la columna cervical y lumbar, mientras que la cifosis dorsal se aplana. La flexión dorsal resulta especialmente favorecida en la región lumbosacra y dorsolumbar, así como en la región cervical. La flexión hacia atrás de la columna lumbar puede estar combinada con una flexión ventral en la zona cérvico-torácica.

Flexión lateral. La inclinación lateral de la columna vertebral (m.iliocostal, m.oblicuo externo e interno del abdomen del mismo lado) tiene lugar predominantemente en los mismos lugares que la flexión dorsal. Si hay participación de la columna torácica en la flexión lateral, la columna vertebral forma un arco uniformemente curvado. Mientras que en caso de extrema flexión lateral la pared abdominal es comprimida en el lado de flexión, la musculatura de la parte de extensión es distendida simultáneamente y tensada activamente.

Rotación. El movimiento de giro del tronco en torno al eje longitudinal tiene lugar predominantemente en la zona dorsal inferior y en la cervical. Ligamentos espinales transversos de una parte corporal y músculos espinales transversos de la otra parte, conjuntamente con componentes del sistema sacroespinal y con las cadenas musculares de los músculos oblicuos del abdomen son capaces de torcer la columna vertebral globalmente hasta tal punto que la mandíbula llega a situarse en ángulo recto con respecto a la parte lateral (aproximadamente 80°). Recurriendo a las posibilidades de movimiento en las articulaciones astrágalo-calcáneas y en las de la cadera, el cuerpo con los pies apoyados puede ser girado de tal modo que la cara mira oblicuamente hacia atrás (aproximadamente 135°).

d) Vasos sanguíneos y nervios de la columna vertebral

La irrigación arterial de la columna vertebral tiene lugar a partir de ramas de arterias segmentarias de la región correspondiente (figs. **25** y **124**).

La irrigación tiene lugar
- en la columna cervical por ramas de las aa.vertebral, cervical ascendente y cervical profunda.
- en la columna torácica y lumbar por ramas de las aa. intercostales posteriores, lumbares e iliolumbares (último orificio intervertebral),
- en el sacro por ramas de las aa.sacra externa y sacra mediana.

Al contrario que el cráneo y el cerebro, que reciben su sangre por vías distintas, la sangre para la columna vertebral y medula espinal procede de las mismas arterias.

Ramas de la red vascular perióstica irrigan el hueso. Para ello, redes anastomóticas en la cara anterior de los cuerpos vertebrales, así como anastomosis longitudinales y transversas en su cara posterior, aseguran una circulación colateral suficiente. Los vasos que penetran en los agujeros nutricios irrigan la medula ósea. El trofismo de los discos invertebrales avasculares tiene lugar por difusión de la zona esponjosa de los cuerpos vertebrales.

La *sangre venosa* procede de las vértebras a través de los plexos avalvulares venosos vertebrales externos e internos (fig. **189**) y desde allí afluye a las vv.vertebrales y cervicales profundas (columna cervical), a las vv.intercostales y lumbares segmentarias (columna dorsal, lumbar), así como por el plexo venoso sacro (hueso sacro) a la vena sacra mediana y a las vv.sacras laterales.

Se entiende por *plexo venoso vertebral externo anterior* (fig. **189**) la totalidad de pequeños troncos venosos en la cara anterior de los distintos cuerpos vertebrales, que parcialmente están cubiertos por el lig.longitudinal anterior. A través de las *vv.basivertebrales* existen anastomosis con el plexo venoso vertebral interno anterior.

El *plexo venoso vertebral externo posterior* (fig. **189**), cubierto por la musculatura dorsal autóctona, está situado como retículo venoso de malla grande y de trayecto longitudinal a cada lado de las apófisis transversas y espinosas. En sentido craneal está en conexión con el seno de la duramadre mediante plexos venosos suboccipitales y emisarios, recibe afluentes procedentes del plexo vertebral venoso interno y en sentido caudal llega hasta el sacro.

Inervación. La cara posterior de los cuerpos vertebrales y todos los segmentos parietales restantes del canal vertebral, al igual que las cápsulas articulares de las articulaciones de los arcos vertebrales, son inervados por ramificaciones del r.meníngeo de los nervios espinales (fig.**50**) que, a través del agujero vertebral intermedio, penetra en el canal vertebral.

Los dolores producidos en el prolapso de disco son percibidos en la zona del ligamento longitudinal posterior ricamente inervado.

2. Canal vertebral

El **canal vertebral** (límites → pág. 484), en el agujero occipital está en comunicación con la cavidad craneana y por la parte caudal llega hasta el hiato del sacro. Alberga la medula espinal, las raíces de los nervios espinales y las meninges espinales y contiene tejido adiposo y conjuntivo, así como numerosos vasos.

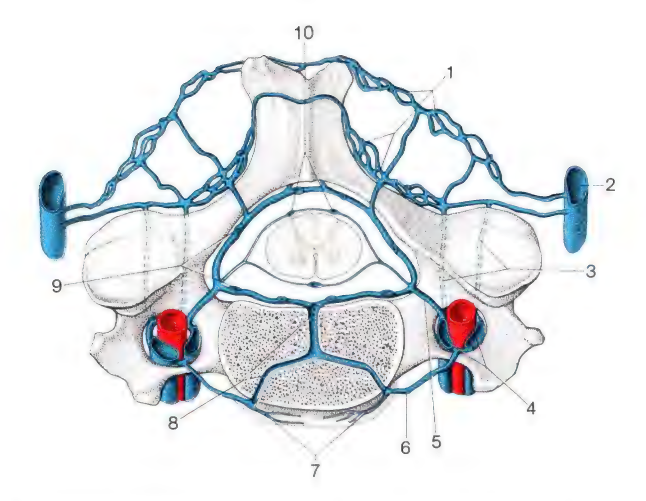


Fig. 189. **Plexo venoso vertebral y vías de flujo en la región de la columna cervical** (modificado de CLEMENS).

1 Plexo venoso vertebral externo posterior (en la región de las vértebras cervicales en dos capas: cerca del hueso y entre los músculos profundos de la nuca)
2 V. cervical profunda
3 Aflujos segmentarios a la v.vertebral, procedentes del plexo venoso vertebral externo posterior
4 Vv. vertebrales, incluida la a.vertebral
5 Aflujo segmentario a la v.vertebral, procedente de los plexos venosos vertebrales internos (vv.intervertebrales)
6 Aflujo segmentario a la v.vertebral, procedente del plexo venoso vertebral externoanterior
7 Plexo venoso vertebral externo anterior
8 Vv.basivertebrales
9 Plexos venosos vertebrales internos con anastomosis transversas y conexiones sagitales
10 Vv.espinales

a) Meninges espinales

La **duramadre espinal** (figs. **67** y **187**) forma un tubo constituido predominantemente por fibras conjuntivales de curso longitudinal (tomo 3: Histología; meninges) que en el borde del agujero occipital está fijado al hueso. Está separado de la pared del canal vertebral por la cavidad epidural —mientras que en el cráneo la duramadre y el periostio están fusionados mutuamente— y termina a la altura de la 1.ª y 2.ª vértebra sacra. La continuación caudal del tubo de la dura, *el filamento raquídeo de la duramadre*, se superpone al filamento terminal de la medula espinal y se adhiere a la 2.ª vértebra coccígea.

Prolongaciones sacciformes del tubo de la dura se dirigen a los agujeros intervertebrales e incluyen las raíces de los nervios espinales. La dura y la

aracnoides se fusionan aquí en una vaina meníngea, que, entre otras, forma la cápsula de tejido conjuntivo del ganglio espinal y se continúa como epi- o perineuro en los nervios espinales (fig. **67**).

La raíz anterior y la posterior de los nervios espinales están casi siempre en la parte proximal del ganglio espinal estrechamente adyacente y son rodeados por una vaina meníngea común. Sin embargo, la raíz anterior y la posterior pueden también atravesar la dura separadamente (nervios torácicos).

Espacio epidural. En la *cavidad epidural,* el tejido conjuntivo fibroso laxo, el tejido adiposo y los *plexos venosos vertebrales internos,* forman un almohadillado protector (figs. **67, 187** y **189**). El cilindro de la dura está unido con la pared (anterior) del canal vertebral (ante todo en la región cervical y lumbar) por fascículos conjuntivales que, no obstante, en los movimientos de la cabeza y columna vertebral permiten desplazamientos de posición.

Plexos venosos vertebrales internos. En el espacio epidural discurre –en toda la longitud del canal vertebral– tanto en sentido ventral (por la cara posterior de los cuerpos vertebrales, en parte cubierto por el lig.longitudinal posterior) como también en sentido dorsal (en la cara interna de los arcos vertebrales), un complejo par, avalvular de venas longitudinales, el *plexo venoso vertebral interno anterior y posterior.*

Los plexos venosos vertebrales internos poseen una pared delgada con poca musculatura lisa y abundantes fibras colágenas. Cada uno de los cuatro complejos de venas longitudinales consta de un par de venas longitudinales de redes múltiples. La parte derecha e izquierda de un plexo están en conexión mediante anastomosis transversas, la pared anterior y posterior del plexo vertebral venoso interno lo están mediante venas de trayecto sagital o plexos venosos, cuyas ramas rodean los agujeros intervertebrales. En las anastomosis transversas anteriores desembocan las vv.basivertebrales, y en las anastomosis posteriores venas inconstantes procedentes del arco vertebral y apófisis espinosa. Los plexos venosos vertebrales internos están fijados al espacio epidural mediante fascículos.

En sentido craneal los plexos venosos vertebrales internos están en comunicación con el plexo basilar (plexo anterior) o con el seno occipital (plexo posterior) y ofrecen así una posibilidad de desagüe para la sangre del interior del cráneo. Los plexos venosos vertebrales internos (capacidad total en el adulto, unos 100 ml) recogen sangre venosa de la medula espinal (rr. espinales), así como de partes de la columna vertebral, y la conducen por las venas intervertebrales y las basivertebrales a las ramas ventrales y dorsales de los vasos segmentarios (vv.intercostales, lumbares), a las vv.vertebrales, al plexo venoso sacro, y a los plexos venosos vertebrales externos (fig. **189**).

Los plexos venosos vertebrales internos (y externos) pueden con ello ceder sangre tanto a la vena cava superior como a la vena cava inferior. Dado que la corriente sanguínea en los plexos venosos vertebrales y en el sistema de la vena ácigos no está dirigida por válvulas venosas, constituyen

una vía importante de circulación colateral en los impedimentos del retorno sanguíneo de las vv.cavas, del sistema de la ácigos, y también de las venas yugulares internas. Una estasis de retorno sanguíneo a partir de los plexos venosos vertebrales internos a las venas de la medula espinal es impedida por las válvulas venosas de las rr.espinales.

Considerando la facilidad de desplazamiento de la sangre en los extensos retículos de pared delgada de los plexos venosos vertebrales internos, en los que en comparación con las venas extravertebrales domina una tensión sanguínea relativamente baja, estos plexos ejercen una influencia reguladora en las oscilaciones fisiológicas de la tensión del líquido cefalorraquídeo. Exploraciones de experimentación animal hacen pensar que los plexos venosos vertebrales podrían ser vías de difusión de metástasis tumorales (p. ej., metástasis del carcinoma de próstata a la columna vertebral).

La **aracnoides** de la medula espinal (fig. **67**) es extremadamente pobre en capilares, carece de nervios y se extiende como red de mallas conjuntivales entre la superficie de la pia y la dura (tomo 3: Histología; meninges). En el ser vivo, en condiciones normales, no existe un espacio subdural entre la superficie interna de la dura revestida de epitelio y el revestimiento epitelial de la capa externa de la aracnoides. La hoja externa de la aracnoides es inmediatamente adyacente a la dura.
La **piamadre espinal** (fig. **67**) es una capa conjuntival, portadora de vasos, rica en nervios, superpuesta a la membrana limitante de glía de la medula espinal.

La piamadre espinal no se continúa como capa envolvente cerrada, detectable macroscópicamente en el filamento radicular de las raíces de los nervios espinales, pero forma el endoneurio de las distintas fibras nerviosas. La aracnoides espinal acompaña los filamentos radiculares y las raíces de los nervios espinales a través del espacio subaracnoideo y se une con la dura a la vaina meníngea arriba mencionada.

La piamadre, que constituye para la medula espinal una especie de "esqueleto externo", está en cada lado en conexión con la duramadre por medio de una placa conjuntival de posición frontal, el *lig.denticulado* (fig.**67**). El ligamento, que sirve como dispositivo de sostén de la medula espinal, se origina (a nivel del 1.^{er} segmento cervical hasta el 3.° lumbar) en la zona lateral de la medula espinal entre la raíz anterior y posterior de los nervios espinales. El borde externo libre tiene forma de hoja aserrada. Los vértices de los dientes se fijan a la dura (casi siempre en el centro, entre las zonas de paso de cada dos nervios espinales), con lo que fijan allí la aracnoides.
Espacio subaracnoideo. La *cavidad subaracnoidea* de la medula espinal (fig. **67**) comunica craneal con el espacio subaracnoideo del cerebro y termina caudal –como el conducto de la dura– a la altura de la 2.ª vértebra sacra. La cavidad subaracnoidea contiene el líquido cefalorraquídeo.
Dado que la aracnoides se continúa con las vainas perineurales de los nervios espinales, existen comunicaciones entre el espacio subaracnoideo y

las hendiduras linfáticas de los nervios espinales, por las que puede fluir el líquido cefalorraquídeo.

Punción lumbar. Para la obtención de líquido cefalorraquídeo del espacio subaracnoideo de la medula espinal, la aguja hueca se introduce (por regla general) entre las espinas de la 3.ª y 4.ª, o de la 4.ª y 5.ª vértebra lumbar (casi siempre en el centro de una línea que une la cresta ilíaca derecha e izquierda) en el espacio subaracnoideo, ya que aquí no existe ya medula espinal y las raíces de los nervios espinales esquivan la punta de la aguja. La distancia entre las espinas (dirigidas hacia atrás) o entre los arcos de las vértebras lumbares es mayor que en la región dorsal. Además, en una punción localizada cerca del borde caudal del espacio subaracnoideo pueden detectarse partículas (p. ej., elementos celulares) que se han sedimentado en el líquido cefalorraquídeo.

Anestesia raquídea. Después de la punción lumbar puede inyectarse una solución anestésica en el espacio subaracnoideo y provocar con ello una parálisis de las fibras nerviosas en las raíces de los nervios espinales (fibras motoras, sensitivas y vegetativas). La cantidad y peso específico del anestésico permiten una cierta regulación de la anestesia espinal; mediante la posición adecuada del paciente pueden ser anestesiados los segmentos espinales en diferentes alturas.

Anestesia epidural. La inyección de una solución anestésica en el espacio epidural (p. ej., a través del hiato del sacro) origina la parálisis de varios nervios espinales cerca de la salida del conducto de la dura (en principio una anestesia por inducción extensa). La localización de la zona en punción y volumen del anestésico inyectado determinan la altura y extensión del territorio anestesiado.

b) Contenido del canal vertebral

La **medula espinal** tiene en el adulto unos 45 cm de longitud y llega con el extremo afilado, el *cono medular,* hasta la altura de la 1.ª-2.ª vértebra lumbar (lugar de proyección en la pared anterior del tronco: algo por encima de una línea que une el ombligo y el vértice del apéndice xifoides). El cono medular se continúa en el *filamento terminal* (esencialmente tejido conjuntivo y glía), que puede ser seguido hasta la cara posterior del cóccix (fig. **49a**).

En el embrión joven, la medula espinal llena aún el "canal vertebral" en toda su extensión. Pero a partir del 3.er mes embrionario crece mucho más lentamente que la columna vertebral. Con ello el cono terminal parece en el tiempo sucesivo deslizarse continuamente en sentido craneal (*ascenso* de la medula espinal). En el 6.º mes fetal está a la altura de 1.ª vértebra sacra, y en el momento del nacimiento a nivel de la 3.ª vértebra lumbar (Tomo 4: Embriología; modificaciones de situación de la medula espinal).

Las *raíces de los nervios espinales,* que al principio se dirigen casi horizontalmente (a la altura de su segmento de origen) a los agujeros interver-

tebrales, y por lo tanto en el adulto corren primero (aproximadamente a partir del 5.º nervio cervical) oblicuamente y luego su trayecto se hace progresivamente más vertical hacia abajo y más largo en el canal vertebral para llegar al correspondiente agujero vertebral. Caudal con respecto a la 1.ª vértebra lumbar discurren las raíces anteriores y posteriores de los nervios espinales caudales —muy juntos en torno al filamento terminal— hacia abajo formando la cola de caballo (fig. **49**).

Nervios espinales. Los 31 pares de nn.espinales se originan respectivamente de la unión de una *raíz anterior* y una *posterior, raíz ventral* y *dorsal,* en el agujero intervertebral (figs. **50, 67** y **190**). Las raíces de los nervios espinales "se originan" con mayor o menor cantidad de *filamentos radiculares* en hileras longitudinales de la medula espinal (una dorsal y dos hasta tres ventrales). En la zona proximal inmediata del lugar de unión, la raíz posterior presenta un engrosamiento que forma el *ganglio espinal* (figs. **50** y **67**) y que, entre otros, contiene (los pericariones) de las células nerviosas o neuronas sensitivas seudounipolares de las fibras de las raíces posteriores (tomo 3: Histología; medula espinal). La raíz anterior es puramente motora, la raíz posterior eminentemente sensitiva, con ello el nervio espinal, según su composición de fibras, es un nervio mixto. Dado que el nervio espinal que sale entre el atlas y el occipital es considerado como 1.^{er} nervio cervical, se distinguen por regla general (fig. **49**):
- 8 nervios cervicales,
- 12 nervios torácicos o dorsales,
- 5 nervios lumbares,
- 5 nervios sacros,
- 1 nervio coccígeo.

La raíz dorsal del 1.^{er} nervio cervical puede faltar. Cuando existe, el 1.^{er} ganglio cervical se encuentra en el arco posterior del atlas en el surco de la a.vertebral. Los ganglios espinales C2-L3 yacen en el agujero intermedio, los ganglios de los nervios lumbares caudales en la región limitante con el canal vertebral, los ganglios sacros totalmente en el canal del sacro.

3. Disposición e inervación de la musculatura dorsal autóctona

La musculatura situada en la región dorsal y dispuesta en varias capas, como se puede reconocer de la inervación, sólo en parte es originada en el mismo lugar y con ello es *musculatura dorsal autóctona* o *genuina* (Tomo 4: Embriología; sistema muscular). Está recubierta por músculos del cinturón escapular y de la extremidad libre (músculos espinohumerales), que secundariamente han tomado su origen de la columna vertebral. Desde la parte craneal se ha desplazado en el dorso un derivado de la musculatura branquial, el m.trapecio. De la musculatura ventral del tronco han llegado igualmente fascículos al dorso, los mm.serratos posteriores, y se han desli-

Fig. 190. **Corte transversal a través de la pared abdominal** (según PERNKOPF). Corte gradual esquemático: en el lado derecho a través del disco intervertebral (V.I. I, II), a la izquierda a través del cuerpo de la 2.ª vértebra lumbar (vasos y nervios sólo expuestos a modo de ejemplo; articulación del arco vertebral derecho entre la 1.ª y 2.ª vértebra lumbar, apófisis espinosa, ligg.supraespinoso, interespinoso y longitudinal posterior, dibujados pero sin inscripción).

zado entre los músculos espinohumerales y la propia musculatura dorsal: *músculos espinocostales.*
La *musculatura dorsal autóctona* yace inmediatamente encima del esqueleto axial. Al contrario que la restante musculatura somática, es inervada por los rr.dorsales de los nervios espinales y en su totalidad se denomina *m.erector de la columna* (fig. **190**). Los músculos de este sistema participan en todos los movimientos de la columna vertebral, que producen ellos mismos mediante su contracción o los facilitan mediante una correspondiente disminución del tono (p. ej., flexión hacia adelante de la columna vertebral con utilización de la fuerza de gravedad o mediante la contracción de la musculatura ventral del tronco). Además, los mm.erectores de la columna desempeñan un importante papel para asegurar la posición corporal erguida (desviaciones de la columna vertebral, p. ej. como consecuencia de una hipotonía patológica de la musculatura).

Fascias del m.erector de la columna. Una envoltura fascial comparable a las fascias de grupo de la musculatura de las extremidades de la musculatura dorsal autóctona se encuentra en la región dorsolumbar del m.erector de la columna, desarrollada como fascia toracolumbar. Columna vertebral y fascia limitan conjuntamente un canal osteofibroso por el que es deslizado el músculo. En la región de la nuca, la *fascia de la nuca* cubre las capas superficiales del m.erector de la columna y las separa de los músculos emigrados al dorso, que la cubren. Las fascias musculares individuales envuelven los músculos cortos de la nuca situados en profundidad.

◄ 1-3 *M.erector de la columna*
1 Tracto interno
2 M.dorsal largo
3 M.iliocostal
4, 5 Fascia toracolumbar
4 Hoja superficial
5 Hoja profunda
6 M.cuadrado lumbar
7 M.psoas mayor
8 M.oblicuo externo del abdomen
9 M.oblicuo abdominal interno
10 M.transverso del abdomen
11 Peritoneo parietal y fascia transversal
12 M.recto del abdomen
13 Vaina del m.recto del abdomen
14 Línea alba
15 Mm.intercostales externo, interno, íntimo
16 Parte costal del diafragma
17 Pleura parietal y fascia endotorácica
18 Rama derecha de la parte lumbar del diafragma
18a Rama externa
18b Rama interna
19 M.dorsal ancho
20 M.serrato posterior inferior
21 Mm.lumbares intertransversos
22 Aorta
23 A.lumbar
24 R.dorsal de la a.lumbar
25 R.espinal de la rama dorsal
26 R.cutáneo interno del r.dorsal
27 R.cutáneo externo del r.dorsal
28 R.cutáneo externo de la a.lumbar
29 A.epigástrica superior con "r.cutáneo anterior"
30 R.cutáneo anterior del n.intercostal VIII
31 R.cutáneo externo del n.intercostal VIII
32 N.subcostal en el m.cuadrado lumbar
33 N.lumbar con r.dorsal, r.ventral y Rr.comunicantes
34 Rama externa del r.dorsal
35 R.cutáneo lateral del r.dorsal
36 R.interna del r.dorsal
37 R.cutáneo interno del r.dorsal
38 Raíz ventral, raíz dorsal del n.lumbar
39 Tronco simpático
40 V.ácigos, n.esplácnico menor y n.esplácnico mayor
41 V.cava inferior
42 Lig.longitudinal anterior
43 Disco intervertebral entre 1.ª y 2.ª vértebra lumbar (superficie de corte)
44 Vértebra lumbar II (superficie de corte)
45 Costillas XII-VII
46 Cavidad abdominal

La **fascia toracolumbar** cubre con su hoja superficial el m.erector de la columna y con su hoja profunda separa la parte lumbar del tracto externo de la musculatura dorsal autóctona desde la parte ventral (fig. **190**). Ambas hojas se unen externamente al m.iliocostal. Encierran el m.erector de la columna de un canal osteofibroso que es limitado internamente por las apófisis espinosas y arcos vertebrales y ventralmente por las apófisis transversas y costales, así como por un segmento dorsal interno de la pared torácica o en la región lumbar por la hoja profunda de la fascia toracolumbar. Dorsalmente cierra el canal la fascia superficial adherida a las apófisis espinosas.

La *lámina superficial,* la fascia toracolumbar en sentido estricto (figs. **203** y **215**), está fijada a las apófisis espinosas de las vértebras dorsales lumbares y sacras y en la cresta ilíaca. En su parte caudal está fusionada con la aponeurosis de los mm. dorsal ancho y serrato posterior inferior y en la región sacra está soldada con el tendón común de origen del m.dorsal largo e iliocostal y por ello es aquí llamativamente resistente.

Hacia la parte craneal, la lámina superficial de la fascia puede ser seguida hasta la altura del m.serrato posterior superior, y externamente se fija más allá de los dientes de inserción del m.iliocostal en los ángulos costales. La *lámina profunda* de la fascia toracolumbar se extiende dorsalmente del m.cuadrado lumbar, entre la 12.ª costilla, las apófisis costales de las vértebras lumbares y de la cresta ilíaca. Constituye simultáneamente la posición interna de la aponeurosis de origen del m.transverso abdominal.

La **fascia de la nuca** se halla debajo del m.trapecio y del m.romboides y cubre los mm.transverso espinoso de la cabeza y esplenio (fig. **203**). Internamente la placa conjuntival está fusionada con el lig. de la nuca, por fuera está en conexión con la fascia del m.elevador de la escápula y a través de ésta con la lámina superficial de la fascia del cuello.

El **m.erector de la columna** se origina con sus fascículos caudales en el hueso sacro, las masas ligamentosas allí existentes y en la cresta ilíaca. Los músculos craneales del sistema se insertan en el occipital.

En el hombre (y en los animales mamíferos) la distribución originariamente metamérica de la musculatura dorsal se mantiene sólo en la capa profunda. Los fascículos musculares superficiales se extienden por varios segmentos. Un aislamiento en individualidades musculares delimitadas y una distribución por fascias únicamente está realizada totalmente en la región de la nuca. Por lo demás, casi siempre sólo pueden representarse artificialmente los fascículos preparados de sistemas musculares dependientes entre sí. En la región dorsal de la columna vertebral (curvatura cifótica) la masa muscular es menor.

En el m.erector de la columna se distinguen originariamente un tracto *interno*, que se limita al surco formado por las apófisis espinosas y transversas (fig. **190**), y un fascículo longitudinal externo que se ha extendido a la cresta ilíaca y las costillas. Esta división corresponde en conjunto a una

diferente inervación de los dos cordones musculares por ramos internos o externos de los rr.dorsales de los nervios espinales.

a) Tracto interno del m.erector de la columna

El tracto interno de la musculatura dorsal autóctona consta —si se prescinde de los tres músculos profundos de la nuca— de un sistema espinal relativamente débil y un sistema transverso espinoso de desarrollo potente.

Sistema espinal

Las fibras del sistema espinal (fig. **191**a) van de espina vertebral a espina vertebral (*mm.interespinosos,* pares, unisegmentarios, faltan en la región media de la columna vertebral dorsal) o saltan como mínimo una vértebra (m.espinal, entre la 2.ª vértebra lumbar y la 2.ª cervical).

El **m.espinal** forma un cordón delgado entre las espinas vertebrales y el m.dorsal largo, y por regla general está desarrollado únicamente en la región torácica (*mm.espinal torácico* de la 2.ª [3.ª] vértebra lumbar hasta la 2.ª vértebra torácica) y en la región de la nuca *(mm.espinal cervical,* de la 2.ª vértebra torácica hasta la 2.ª cervical) (fig. **191a**). La 9.ª vértebra torácica y la 5.ª cervical permanecen casi siempre libres.

Como rara variante discurren fascículos musculares desde las espinas de las vértebras cervicales y de las craneales dorsales a la protuberancia occipital externa: *m.espinal de la cabeza.*

Sistema espinal transverso

Los fascículos del **m.transverso espinoso** se extienden desde las apófisis transversas a las apófisis espinosas de las vértebras de situación craneal (fig. **191a**). Cuanto más superficiales yacen los fascículos musculares tanto más vértebras son saltadas por encima.

Los **mm.rotadores** metámeros forman la capa más profunda de este sistema.

Los *mm.rotadores cortos* van desde la raíz de una apófisis transversa al arco vertebral o a la base de la apófisis espinosa de la vértebra inmediatamente más alta. Los *mm.rotadores largos* cubren los rotadores cortos. Poseen los mismos lugares de origen e inserción pero no obstante se saltan una vértebra. Los rotadores se manifiestan con claridad en la columna vertebral dorsal. Los *mm.rotadores torácicos* (fig. **191a**) se dejan también delimitar en la región cervical y lumbar: *mm.rotadores cervicales y lumbares.*

El **m.multífido,** la capa del sistema transversoespinal situada superficialmente a los mm.rotadores, está ante todo fuertemente desarrollado en la región lumbar.

El origen del m.multífido va desde la 4.ª vértebra sacra a la 4.ª (5.ª) vértebra cervical, la inserción tiene lugar en las espinas de la 5.ª vértebra lumbar hasta la 2.ª vértebra cervical (fig. **191a**). De entre los fascículos musculares ordenados de manera alterna, los situados más profundamente se saltan dos vértebras entre origen e inserción; los haces superficiales 3-5 vértebras.

El **m.semiespinoso** forma la capa más superficial del sistema transversoespinal. Por lo general, falta en la región lumbar. Sus fibras saltan como mínimo por encima de 5 vértebras, casi siempre 6-7 (fig. **191a**). El fascículo de origen del músculo *(m.semiespinoso de la cabeza)* se dirige por las articulaciones de la cabeza a la escama del occipital cerca de la línea media, e interviene –según los sinergistas que participen– en los movimientos fuertes de giro o en la fijación y flexión dorsal fuerte de la cabeza.

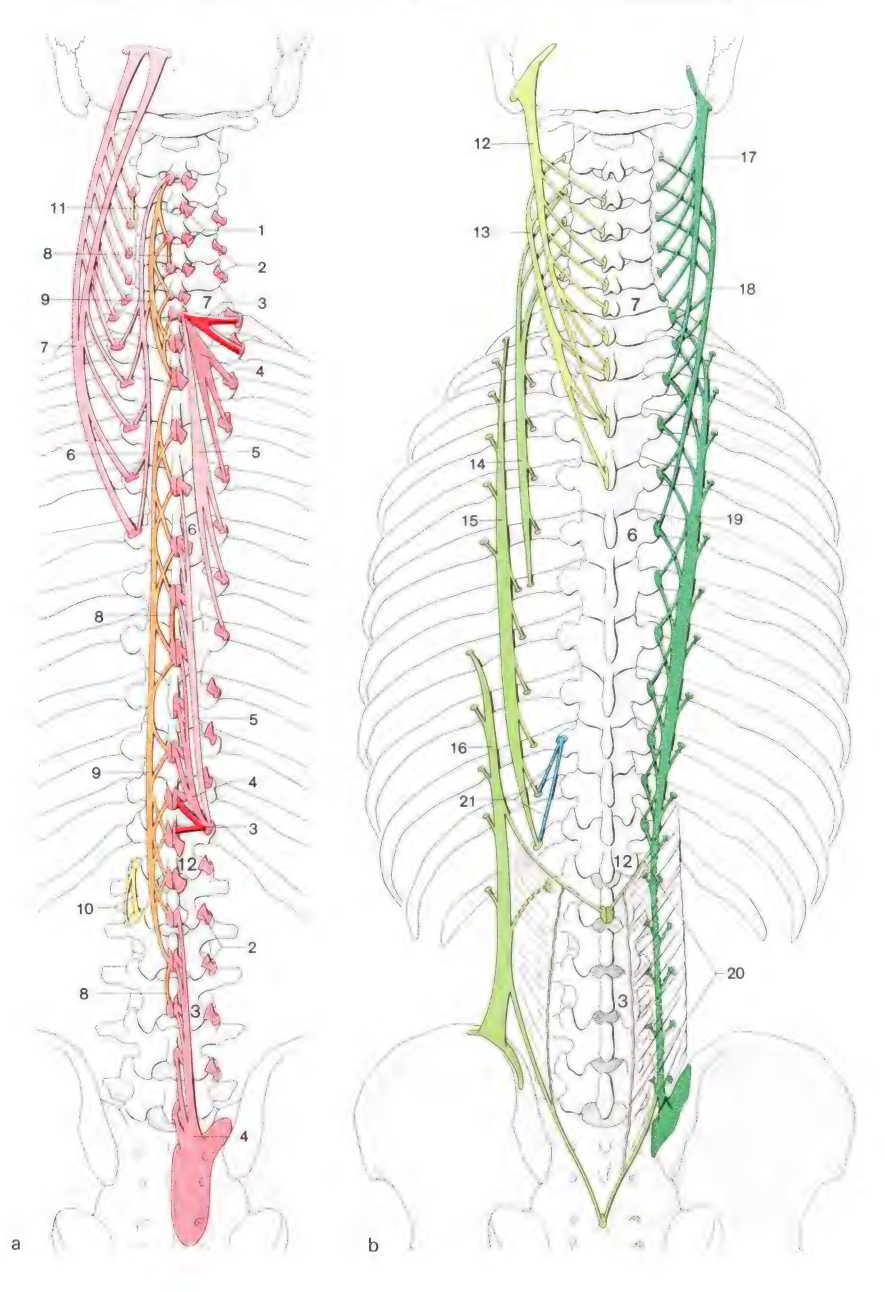
Si en la preparación anatómica se secciona el m.semiespinoso de la cabeza y se separan los fragmentos, se ve entonces la espina del axis como centro delimitante de haces musculares (fig. **192**), que se insertan en esta apófisis (m.semiespinoso cervical derecho e izquierdo) o que en ella se originan (mm.oblicuo inferior de la cabeza o recto posterior mayor de la cabeza).
El *m.semiespinoso torácico* se extiende desde las apófisis transversas de la 11.ª (12.ª) hasta la 7.ª (6.ª) vértebra torácica hasta las espinas de las primeras 3.ª (4.ª) vértebras torácicas y de las dos últimas vértebras cervicales. El m.semiespinoso cervical se origina en las apófisis transversas de las vértebras torácicas VI (VII) hasta II (III) y se inserta en las apófisis espinosas de las vértebras cervicales V-II. El m.semiespinoso torácico y el cervical constituyen con frecuencia una unidad. Como en el m.multífido, las fibras musculares de la misma muesca de origen se dividen en varias muescas de inserción (fig. **191a**).

El *m.semiespinoso de la cabeza* (fig. **191a**), que cubre totalmente la porción cervical del músculo, procede en gran parte del blastema que origina el tracto externo de la musculatura dorsal autóctona. Por ello, no sólo es inervado por ramificaciones internas de los ramos de los nervios espinales, sino también por ramas externas. Los haces musculares parten de las apófisis transversas de la 6.ª (8.ª) vérte-

---

Fig. 191. **Musculatura dorsal autóctona.** ►
a Músculos del tracto interno y mm.intertransversos posteriores
b Músculos del tracto externo, exceptuando los mm.intertransversales posteriores y m.oblicuo superior de la cabeza
(sólo se han representado partes del sistema muscular o músculos segmentarios aislados)

1-7 *Sistema transversoespinal*
1 Fascículo de inserción
2 Fascículo de origen
3 Mm.rotadores (largo y corto)
4 M.multífido
5 M.semiespinoso torácico
6 M.semiespinoso cervical
7 M.semiespinoso de la cabeza
8, 9 *Sistema espinal*
8 M.interespinoso (lumbar, torácico, cervical)
9 M.espinal (torácico, cervical)
10 M.intertransverso lumbar interno
11 M.intertransverso posterior cervical
12, 13 *Sistema espinotransversal*
12 M.esplenio de la cabeza
13 M.esplenio cervical
14-20 *Sistema sacroespinal*
14 M.iliocostal cervical
15 M.iliocostal torácico
16 M.iliocostal lumbar
17 M.dorsal largo de la cabeza
18 M.dorsal largo cervical
19 M.dorsal largo del tórax
20 Aponeurosis común de origen del sistema sacroespinal
21 Mm.elevadores de las costillas (largo y corto)


11
8
9
7
6
1
2
7
3
4
5
6
8
5
9
4
3
12
10
2
8
3
4
a
12
13
17
7
18
14
15
6
19
16
21
12
20
3
b

bra torácica hasta la 3.ª cervical (los haces craneales más bien de la raíz de la apófisis y de la cara lateral de la apófisis articular inferior) y se insertan en el occipital por debajo de la línea superior de la nuca (fig. **192**). El músculo es de estriación compleja y está dividido de modo incompleto en un cordón estrecho interno y un cordón externo rico en fibras que poseen ambos un tendón intermedio (el fascículo interno en parte posee dos).

b) Tracto externo del m.erector de la columna

El tracto externo consta –además de los *mm.intertransversos posteriores* (entre las apófisis transversas o de sus homólogos en la región cervical y lumbar) y el m.oblicuo superior de la cabeza–, del *sistema sacroespinoso* y el *sistema transversoespinoso* (fig. **191b**).

Los *mm.intertransversos posteriores* (fig. **191a**) representan –prescindiendo del m.oblicuo superior de la cabeza– los únicos elementos metaméricos del cordón muscular externo. En la región cervical, como *mm.intertransversos posteriores cervicales* son difíciles de delimitar de los mm.intertransversos anteriores cervicales, mientras que en la región lumbar, como mm.intertransversos lumbares internos son más o menos claramente distinguibles de los mm.intertransversos lumbares externos (entre las apófisis costales de dos vértebras lumbares vecinas (fig. **190**). El m.intertransverso lumbar interno y externo, situado más lejos en sentido caudal, se extiende desde la tuberosidad ilíaca del ilion casi horizontal hacia la parte ventral, a la apófisis accesoria o costal de la 5.ª vértebra lumbar. Ambos músculos se oponen a un deslizamiento de la 5.ª vértebra lumbar hacia adelante y aseguran la articulación sacroilíaca.

Sistema sacroespinoso

El sistema muscular sacroespinoso constituye la parte principal del tracto externo de la musculatura dorsal autóctona (fig. **191b**). Se ha extendido desde la zona de la columna vertebral hacia fuera y ha encontrado en el borde superior del ilion una nueva superficie de origen y en las costillas zonas de origen e inserción adicional. Sólo parece unitario el origen caudal del músculo. Forma una placa tendinosa fuerte que está adherida a las espinas de las vértebras lumbares, a la superficie dorsal del sacro y al segmento dorsal interno de la cresta ilíaca y que está fusionada con la fascia toracolumbar. La parte muscular del sistema está dividida, por el contrario, en el *m.iliocostal* externo y el *m.dorsal largo* interno (fig. **190**). Entre ambos cordones musculares pasan los r.cutáneos externos de las ramificaciones dorsales de los nervios torácicos.

El **m.iliocostal** permite distinguir más o menos claramente un segmento lumbar, uno torácico y uno cervical. En principio las muescas de origen proceden de la parte interna, mientras que los fascículos de inserción se fijan externamente (fig. **191b**). El desplazamiento de orígenes (cresta ilíaca, costillas) e inserciones (apófisis costales, costillas, tuberosidad posterior de las apófisis transversas de las vértebras cervicales = segmento más

alejado externamente del correspondiente rudimento costal) hacia fuera aumenta el momento de palanca del músculo para la inclinación lateral.

El *m.iliocostal lumbar* que se origina en la placa tendinosa anteriormente descrita y con componente muscular en la cresta ilíaca, se inserta en los ángulos costales de la 6.ª (hasta la 9.ª) costillas caudales. Por dentro de esta localización de inserción nacen las muescas de origen del *m.iliocostal torácico* que se fijan en el ángulo costal de las costillas VII (VI) hasta I. Los fascículos de origen del *m.iliocostal cervical* llegan al ángulo costal de la 7.ª hasta la 3.ª (4.ª) costilla y se fijan a la tuberosidad posterior de la 6.ª-3.ª (4.ª) apófisis vertebral cervical.

El **músculo dorsal largo** se extiende desde el sacro hasta el occipital, pero en la nomenclatura oficial la parte lumbar y torácica se agrupan conjuntamente como *m.dorsal largo torácico*, al que se unen en la parte craneal los *mm.dorsal largo cervical* y *de la cabeza* (fig. **191b**). El músculo yace internamente respecto del m.iliocostal, y en el adulto se ha deslizado en gran parte por encima de los músculos transversoespinosos del tracto interno. Al igual que el m.iliocostal los fascículos de origen vienen de la parte interna y van a las muescas de inserción en la parte externa (p. ej., origen de la placa tendinosa común, inserción en las homólogas costales de las vértebras cervicales = tuberosidad posterior de las apófisis transversales). Sin embargo, el m.dorsal largo es de estructura más compleja que el m.psoas ilíaco. En la porción lumbotorácica se presentan todavía inserciones internas adicionales (apófisis accesorias de las vértebras lumbares, apófisis transversas de las vértebras torácicas) y fascículos de origen “accesorios” internos (apófisis transversas de las vértebras torácicas). Por consiguiente, los fascículos musculares se fijan tanto en las costillas como en la columna vertebral. La parte cefálica del m.dorsal largo se inserta muy externamente en la apófisis mastoides y posee con ello un gran momento para movimientos de giro de la cabeza hacia el mismo lado.

El *m.dorsal largo torácico* se origina por medio de la potente placa tendinosa común con el m.iliocostal lumbar de las espinas vertebrales lumbares, del sacro, del borde posterior del ílion y de los ligg.sacroilíacos dorsales. Muescas de origen accesorias vienen de las apófisis transversas de las 6 vértebras torácicas caudales y de la apófisis mamilar de las dos primeras vértebras lumbares. En la región torácica tiene lugar la inserción interna en las apófisis transversas de todas las vértebras torácicas, la externa por dentro del ángulo costal de la 12.ª-2.ª costilla. En el segmento lumbar de la columna vertebral se insertan los fascículos fibrosos en las homólogas correspondientes, los fascículos internos en las apófisis accesorias de las vértebras lumbares IV hasta I (así como en la apófisis mamilar de la 5.ª vértebra lumbar), las muescas de inserción externa en la apófisis costal de la 4-1.ª vértebra lumbar (así como en lámina profunda de la fascia toracolumbar).

El *m.dorsal largo cervical* nace de las apófisis transversas de las 6 vértebras torácicas superiores y recibe casi siempre fascículos de origen adicionales de la raíz de la 6.ª (7.ª) hasta la 3.ª apófisis transversa vertebral cervical. Los tendones de inserción se adhieren a la tuberosidad posterior de la apófisis transversa de las vértebras cervicales V-II.

El *m.dorsal largo de la cabeza* (fig. **191b**) se origina —por dentro de las muescas de origen de la porción cervical del m.dorsal largo— de la apófisis transversa de la 3.ª vértebra torácica hasta la 3.ª cervical. Sus fibras forman un cordón muscular estrecho más dispuesto en posición sagital, que se fija a la apófisis mastoides del hueso temporal (fig. **192**).

Sistema transversoespinoso

Este sistema muscular consta solamente del **m.esplenio**, que como amplia venda muscular cubre el segmento craneal del m.erector de la columna y lo rodea. Si bien se origina en la parte media del cuerpo —en el lig. de la nuca y las espinas de las vértebras torácicas superiores— se incluye, sin embargo, en el tracto externo de la musculatura dorsal autóctona, ya que es inervado por las ramificaciones externas de los ramos dorsales de los nervios espinales. En su curso e inserción, menos claramente en su origen, el músculo está dividido en un *m.esplenio de la cabeza* y un *m.esplenio cervical* (fig. **191b**). Los haces fibrosos de ambas porciones musculares discurren de dentro a fuera (hacia las apófisis transversas de las vértebras cervicales superiores o hacia la apófisis mastoides y la escama del occipital) y giran hacia el mismo lado.

El *m.esplenio de la cabeza* procede de las espinas de la 3.ª-1.ª vértebra torácica y de la 7.ª vértebra cervical, y a continuación, en sentido craneal, del lig. de la nuca (hasta la altura de la 3.ª vértebra cervical) y se inserta en la apófisis mastoides y en la línea superior de la nuca. El *m.esplenio cervical* se origina en la apófisis espinosa de la 5.ª (6.ª) hasta la 3.ª vértebra torácica y en el lig.supraespinoso, rodea al m.semiespinoso de la cabeza y el m.dorsal largo de la cabeza por la parte dorsal externa y se inserta con dos fuertes muescas en la tuberosidad posterior de la apófisis transversal del atlas y axis, con una muesca, débil, a menudo ausente, en la tuberosidad posterior de la apófisis transversa de la 3.ª vértebra cervical.

Los **mm.elevadores de las costillas**, como demuestra su inervación por los ramos dorsales de los nervios espinales, deben ser incluidos en la musculatura dorsal autóctona. Dado que ellos son inervados predominantemente por una ramificación lateral de los rr.laterales de las ramas de los nervios espinales dorsales, deben ser considerados como derivados del tracto externo. Se extienden desde las apófisis transversas de la última vértebra cervical y de las 11 torácicas superiores a la costilla siguiente o a la segunda (fig. **191b**).

Los *mm.elevadores de las costillas* pueden, sin embargo, contener también material de los músculos intercostales externos, como demuestra la inervación adicional que se observa distintamente a partir de los nn.intercostales. Durante largo tiempo fueron clasificados exclusivamente como derivados de los mm.intercostales externos.
Los *mm.elevadores cortos de las costillas* son unisegmentarios y se insertan por dentro del ángulo costal de la costilla caudal siguiente. Los mm.elevadores largos de las costillas se dirigen verticalmente hacia abajo y saltan una costilla. Se encuentran casi únicamente en el segmento craneal y caudal del tórax.

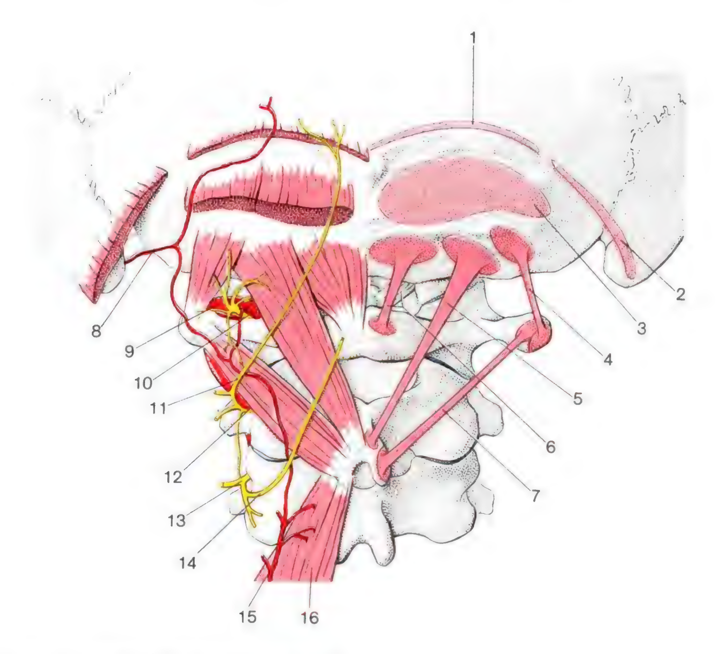


Fig. 192. **Músculos cortos de la nuca, arterias y nervios de la nuca.**
(ramas terminales de las arterias y nervios no representadas)

1-3 *Zonas de origen muscular o de inserción muscular para:*
1 M.trapecio
2 M.dorsal largo de la cabeza
3 M.semiespinoso de la cabeza
4 M.oblicuo inferior de la cabeza
5 M.recto posterior mayor de la cabeza
6 M.recto posterior menor de la cabeza y ligamento odontoideo externo
7 M.oblicuo superior de la cabeza
8 A.occipital
9 A.vertebral
10 N.suboccipital (r.dorsal del n.cervical I)
11 N.occipital mayor
12 R.dorsal del nervio cervical II
13 R.dorsal del n.cervical III
14 N.occipitalis tertius
15 A.cervical profunda
16 M.semiespinoso cervical

La función de los fascículos musculares pequeños y gruesos no es todavia definitivamente clara. Se supone que actúan menos como elevadores de las costillas que lo que da a entender su nombre, y que más bien intervienen en los movimientos de la columna vertebral (extensión, inclinación lateral).

c) Músculos cortos de la nuca

Entre el axis y el occipital se encuentran a gran profundidad, cerca del hueso, cuatro individualidades (pares) musculares unisegmentarias, inde-

pendientes, que son delimitadas por fascias: *músculos cortos* o **profundos de la nuca**. Intervienen en la regulación fina de la posición de la cabeza y en movimientos diferenciados de la misma.

La división de esta musculatura se realizó en la filogénesis paralelamente a la división de las articulaciones de la cabeza, que en el hombre dio lugar a 6 compartimientos articulares aislados.

Inervación: De los músculos cortos de la nuca, el m.oblicuo inferior de la cabeza y los dos músculos rectos de la cabeza (posterior mayor y menor de la cabeza) son inervados por las ramas internas del r.dorsal del 1.^{er} y 2.^{o} nervio cervical y son por tanto componentes del cordón muscular interno. El m.oblicuo superior de la cabeza, inervado por la rama externa del ramo dorsal del 1.^{er} nervio cervical, pertenece al tracto externo.
El **m.recto posterior mayor de la cabeza** va desde la espina del axis hacia fuera en sentido craneal al tercio medio de la línea inferior de la nuca (fig. **192**). El corto **m.recto posterior menor de la cabeza** (el m.interespinoso de situación más lejana en sentido craneal) se origina en la tuberosidad posterior del atlas y se inserta por dentro de los músculos citados, debajo de la línea inferior de la nuca (fig. **192**).
El **m.oblicuo superior de la cabeza** (el m.intertransverso posterior de situación más alejada en sentido craneal) va desde la abrazadera dorsal de la apófisis transversa del atlas verticalmente hacia arriba a la línea inferior de la nuca y se inserta externamente y algo por encima de la inserción del m.recto posterior mayor de la cabeza (fig. **192**).
El **m.oblicuo inferior de la cabeza** se origina en la apófisis espinosa del axis y se inserta en la apófisis transversa del atlas. Forma el borde inferior de una fosa triangular (límite interno: m.recto posterior mayor de la cabeza; externamente: m.oblicuo superior de la cabeza), en cuya profundidad pueden encontrarse la a.vertebral y el r.dorsal del 1.^{er} nervio cervical (= n.suboccipital) que inerva los 4 músculos profundos de la nuca (fig. **192**).

El m.recto externo de la cabeza pertenece a los mm.intertransversos cervicales anteriores, que se extienden entre las tuberosidades anteriores de dos vértebras cervicales vecinas. El m.recto anterior de la cabeza es un músculo del cuello prevertebral. Ambos son por tanto derivados de la musculatura lateroventral del tronco. Sin embargo, son comentados aquí dado que también actúan sobre las articulaciones de la cabeza.
El **m.recto externo de la cabeza** se origina como típico m.intertransverso anterior cervical en la tuberosidad anterior de la apófisis transversa del atlas, se dirige hacia el occipital y se inserta en una superficie rugosa por fuera del cóndilo dorsal con respecto al orificio yugular, que a veces sobresale como apófisis paramastoidea.
El **m.recto anterior de la cabeza** toma su origen en la masa lateral del atlas y en la raíz de la apófisis transversa y se inserta en la porción basilar del hueso occipital, a los lados de la tuberosidad faríngea.

Inervación de los mm.rectos externos y anterior de la cabeza: procede del r.ventral del nervio cervical I.

4. Acción de la musculatura dorsal autóctona sobre la columna vertebral y las articulaciones de la cabeza

a) Acción del m.erector de la columna en la columna vertebral

En los movimientos de la columna vertebral, los distintos sistemas de la musculatura dorsal autóctona de ambos lados actúan conjuntamente como sinergistas y antagonistas. No obstante, la contracción puede quedar limitada a determinados segmentos de los haces musculares largos y a un determinado número de músculos cortos, de manera que junto a movimientos de toda la columna vertebral también son posibles movimientos en regiones aisladas.

Flexión dorsal. La contracción bilateral del m.erector de la columna origina una extensión de la columna vertebral, la disminución del tono facilita en posición corporal erguida una flexión ventral.

Flexión lateral. Una contracción unilateral del m.erector de la columna provoca un movimiento lateral del tronco en el que el tracto lateral de la musculatura dorsal autóctona posee una acción de palanca especialmente favorable. Los músculos dorsales del lado opuesto frenan y regulan este movimiento mediante una correspondiente disminución de su tensión. La flexión lateral puede ir acompañada de un movimiento de giro.

Rotación. Los músculos del sistema transverso espinoso giran hacia el lado opuesto. Los mm.rotadores poseen al respecto una posibilidad de acción especialmente favorable, ya que discurren poco inclinados con respecto al eje de rotación. El m. esplenio gira hacia el mismo lado. Sus fibras de trayecto espinotransversal forman por ejemplo con los haces musculares transversoespinales del otro lado una cadena muscular que se continúa hacia la parte ventral con el m.oblicuo externo del abdomen (los músculos abdominales oblicuos tienen una notable participación en el giro del tronco). De esta manera se origina en cada lado del cuerpo un fascículo muscular que, a modo de espiral, rodea al tronco y se extiende desde la cabeza hasta el borde de la pelvis.

Conservación de la forma propia de la columna vertebral. La musculatura dorsal autóctona no sólo realiza los movimientos de la columna vertebral, sino que asegura en esencial medida sus formas normales de curvatura en posición erguida del tronco (el aparato ligamentoso sólo no es aquí suficiente para ello). Forma un complicado sistema de tensión, cuyos fascículos aislados están en dependencia alterna. Un indicio de la intensidad y amplitud de esta tensión nos la da la reflexión de que cada apófisis transversa está unida con una línea de apófisis espinosas y, viceversa, cada apófisis espinosa está unida con varias apófisis transversas por haces musculares.

b) Acción de los músculos en las articulaciones de la cabeza

Movimientos de la cabeza extensos y(o) potentes son originados por la contracción de los músculos largos que se insertan en la cabeza. Los músculos cortos de la nuca, cuya acción está limitada a las articulaciones de la cabeza, facilitan movimientos finos, de coordinación precisa de la cabeza, independientemente de la posición de la columna vertebral.

Movimientos de flexión de la cabeza. En la flexión dorsal finamente graduada de la cabeza participan esencialmente los mm.posteriores de la cabeza de ambos lados. Para la posición erguida de la cabeza y la potente flexión dorsal son responsables principalmente los músculos largos de la nuca (m.semiespinoso de la cabeza, m.dorsal largo de la cabeza, m.esplenio de la cabeza) juntamente con el m.esternocleidomastoideo (respectivamente los músculos de ambos lados del cuerpo). El m.recto anterior de la cabeza contribuye en la contracción bilateral a inclinar la cabeza hacia adelante. No obstante, su posibilidad de trabajo es escasa en comparación con la acción del m.largo de la cabeza y de los músculos hioideos (en posición incorporada basta la acción de la gravedad después de la relajación de los músculos de la nuca).

Inclinación lateral de la cabeza. Los movimientos delicados pueden ser realizados por los músculos cortos de la nuca de un lado, en especial del m.recto externo de la cabeza. Los movimientos laterales potentes los realizan ante todo el m.esternocleidomastoideo, los mm.esplenio de la cabeza y dorsal largo de la cabeza. El componente rotatorio de los mm.esplenio y dorsal largo es anulado por la acción de giro opuesto del m.esternocleidomastoideo.

Movimientos de rotación de la cabeza. Los mm.recto posterior mayor de la cabeza y oblicuo inferior de la cabeza pasan por la articulación atlantoaxial y son capaces de girar el atlas y con ello también la cabeza hacia el mismo lado. Un movimiento de giro más potente de la cabeza lo ejercen los mm.dorsal largo de la cabeza y esplenio de la cabeza (hacia el mismo lado), así como el m.esternocleidomastoideo y la parte del m.trapecio que se origina del occipital (hacia el lado opuesto). Contra la tendencia de estos músculos a provocar con el movimiento de giro una inclinación lateral de la cabeza actúan correspondientemente los músculos de la nuca de la otra parte.

5. Vasos sanguíneos y nervios de la pared del tronco

Los vasos sanguíneos y nervios de la pared dorsal del tronco están ordenados según un modelo tipo unitario. La vascularización de la musculatura dorsal autóctona y de la piel corre a cargo de los rr.dorsales a partir de vasos segmentarios de la pared dorsal del tronco, la inervación tiene lugar

mediante los rr.dorsales de los nervios espinales. El segmento craneal de la pared dorsal del tronco, la región de la nuca, muestra peculiaridades en lo respectivo a la vascularización e inervación que serán comentadas al final de este capítulo.

Los músculos espinohumerales y espinonostales desplazados al dorso son inervados por ramos ventrales de los nervios espinales, el m.trapecio por el n.accesorio. Los vasos sanguíneos de los músculos de las extremidades emigrados al dorso son ramas de los vasos de las extremidades (a., v.subclavia o a., v.axilar).

Arterias. Las *rr.dorsales* en el segmento torácico y lumbar de la pared dorsal del tronco proceden de las segmentarias *aa.intercostales posteriores* (figs. **25** y **26**) y de las *aa.lumbares* (figs. **25** y **190**). Correspondientes ramas dorsales llegan al cuello procedentes de la *a.cervical profunda* y en la región sacra de la *a.sacra externa* (fig. **125**).
Las *rr.dorsales* (figs. **26** y **190**) emiten respectivamente una *rama espinal* a través de los agujeros intervertebrales a la pared y contenido del canal vertebral, se ramifican en la musculatura dorsal autóctona y se dividen en un *ramo cutáneo externo* e *interno* (fig. **194**).

Venas. Acompañan a las ramas arteriales, están en conexión con los plexos venosos vertebrales y desembocan en las venas segmentarias de la pared dorsal del cuerpo.

Nervios. El *r.dorsal* de cada uno de los nervios espinales da (a través del agujero intervertebral) un *r.meníngeo* para la pared del canal vertebral y para la dura, se divide en un ramo externo y uno interno (para el tracto externo e interno de la musculatura dorsal autóctona) y termina (en principio) como *r.cutáneo interno* y *externo* en la piel (figs. **50, 190** y **194**).

Vasos y nervios de la nuca. Por nuca se entiende el segmento craneal del dorso situado por encima de la línea: acromion —7.ª espina vertebral cervical— acromion y llega hasta la protuberancia occipital externa o hasta la línea superior de la nuca (límite externo: línea desde la apófisis mastoides al acromion).
La región de la nuca ya no permite identificar la ordenación metamérica de los vasos tan claramente como la pared dorsal del tórax. Las arterias segmentarias proceden de la *a.vertebral* y la *a.cervical profunda*. Además, a la musculatura de la nuca, y en parte también a la piel, van ramas de la *a.occipital*, de la *a.transversa del cuello*, de la *a.cervical superficial* y de la *a.cervical ascendente*. Desviaciones de la modalidad de ramificación típica, descrita para el dorso, de los *ramos de los nervios espinales dorsales* pueden observarse en los nerviocervicales I-III. Adicionalmente, como derivado de los ramos ventrales de los nervios espinales sale del plexo occipital el *n.occipital menor* para la piel de la nuca y del occipital.

Arterias. La **a.vertebral** nace como primera rama de la a.subclavia (fig. **198**) del lado convexo del arco aórtico, entra en la 6.ª vértebra cervical en el agujero transverso y pasa a través de los agujeros transversos de las

restantes vértebras cervicales en sentido craneal (fig. **189**). En el atlas discurre por el surco de la a. vertebral, detrás de la masa lateral, hacia dentro (figs. **177** y **192**), penetra en el espacio subaracnoideo a través de la membrana occipitoatloidea posterior, la dura y la aracnoides, y, a través del agujero mayor, llega a la cavidad craneana (fig. **187**). Las dos aa.vertebrales se unen en el clivus, a nivel del borde posterior de la protuberancia y forman la a.basilar impar.

Extracraneal, la a.vertebral da:
– *rr.espinales* a través de los agujeros intervertebrales para los nervios espinales y ganglios espinales,
– *ramas musculares* para los músculos profundos del cuello, y
– la *rama meníngea* a través del orificio mayor para la duramadre y para el diploe de la fosa craneana posterior.

Después de la entrada en la cavidad craneana, la a.vertebral emite de modo recurrente al canal vertebral:
– la *a.espinal posterior*, que en el surco externo posterior de la medula espinal forma un tronco longitudinal al que llevan sangre las ramas segmentarias espinales, y
– la *a.espinal anterior*, que se une con la a.espinal anterior del lado opuesto y como tronco longitudinal discurre en sentido caudal por la cisura media (anterior). Entre los dos troncos longitudinales dorsales y la a.espinal anterior existen numerosas anastomosis.

En caso de una lesión de la a.vertebral, debido a las anastomosis intra y extracraneales de la a.vertebral derecha e izquierda (a.basilar, aa.espinales) debe siempre realizarse la ligadura proximal y distal de la localización de la lesión.

La **a.cervical profunda** nace del tronco costocervical (fig. **198**). Discurre entre la apófisis transversa de la 7.ª vértebra cervical y de la primera vértebra torácica hacia el m.semiespinoso de la cabeza y a los músculos profundos de la nuca (fig. **192**). Da ramas espinales para el canal vertebral. La **a.occipital** (proc. de la carótida externa) discurre por debajo del vientre posterior del m.digástrico hacia el surco de la a.occipital en la parte interna de la apófisis mastoides (fig. **192**) y llega por debajo del m.esplenio de la cabeza hasta el occipital. Atraviesa el m.trapecio (o llega a la superficie en su borde externo) y se ramifica en el cuero cabelludo (*rr.occipitales*, fig. **194**) con lo que anastomosa con ramas de la a.temporal superficial y auricular posterior.

La a.occipital emite, entre otras, ramas para el m.esternocleidomastoideo y para los músculos de la nuca y da la *rama mastoidea* (a través del orificio mastoideo) al diploe y a la duramadre de la fosa craneana posterior, así como una rama auricular variable a la cara posterior del músculo auricular.

Venas. La sangre de la región de la nuca es conducida por venas superficiales a la vena yugular externa y fluye a través de dos potentes venas de la profundidad de la nuca, la *v.vertebral* y la *v.cervical profunda*, a la vena braquiocefálica. Ambas venas anastomosan con la *vena occipital* y el

plexo venoso suboccipital (red venosa entre altlas y occipital, que está en conexión con la confluencia sinusal y el seno sigmoideo mediante venas emisarias).

La **v.vertebral** acompaña (como plexo por las v. concomitantes) la a. vertebral, recibe afluentes segmentarios (v. intervertebrales) procedentes del canal vertebral (fig. **189**) sale del 7.° (más raramente del 6.°) agujero transverso y, casi siempre delante de su desembocadura en la vena braquiocefálica, recibe la vena cervical profunda.
La **v.cervical profunda** discurre con la arteria del mismo nombre por debajo del m.semiespinoso de la cabeza y conduce la sangre del plexo venoso vertebral externo posterior (fig. **189**).

Nervios. El 1.^{er} nervio cervical es casi siempre puramente motor. Su ramo dorsal es denominado **n.suboccipital.** Discurre en el triángulo suboccipital (fig. **192**) debajo de la a.vertebral por el arco posterior del atlas y da ramos a los músculos cortos de la nuca, el m.dorsal largo de la cabeza y el m.semiespinoso de la cabeza.

El muy potente ramo dorsal del 2.° nervio cervical, el **n.occipital mayor** (fig. **192**), es predominantemente sensitivo. Sus ramificaciones, acompañadas por ramos de la a.occipital, inervan una extensa zona cutánea en la porción posterior de la cabeza (fig. **194**) que puede llegar hasta el vértice del cráneo.

El n.occipital mayor se dobla alrededor del m.oblicuo inferior de la cabeza, atraviesa el m.semiespinoso de la cabeza (fibras motoras para la parte cefálica de los músculos dorsales largos) y pasa a través del tendón de origen del m.trapecio —o debajo del borde externo del músculo—, algo por debajo de la línea superior de la nuca en el subcutis.

El r.dorsal del 3.^{er} nervio cervical (fig. **192**) puede igualmente emitir un ramo cutáneo algo más fuerte, el n.occipital tertius, para el occipital (fig. **194**), que entra en comunicación con el n.occipital mayor.

Punción suboccipital. Entre el occipital y el arco posterior del atlas se puede introducir una aguja de punción a través de la membrana occipitoatloidea posterior (se nota una leve resistencia), la dura y la aracnoides en el espacio subaracnoideo aquí dilatada formando la cisterna cerebelomedular, de manera que se puede obtener líquido cefalorraquídeo o se puede inyectar aire para relleno del sistema ventricular (a través de los orificios del 4.° ventrículo). Para evitar una lesión de la a.ventral, debe hacerse la punción en el plano medio.

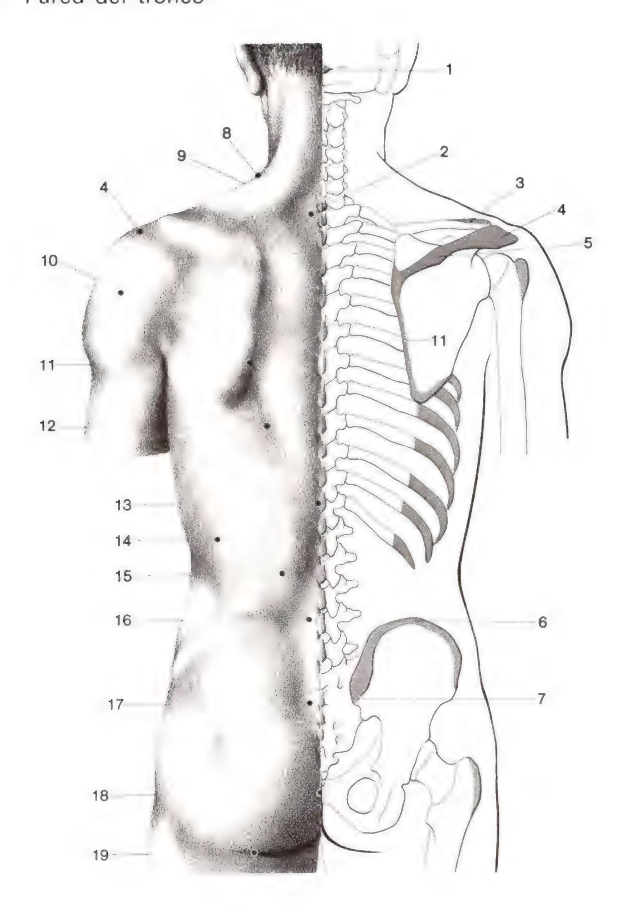


Fig. 193. **Relieve superficial del dorso** (izquierda) **y puntos óseos palpables** (derecha)

1 Protuberancia occipital externa
2 Apófisis espinosa de la 7.ª vértebra cervical
3 Clavícula
4 Acromion
5 Espina de la escápula
6 Cresta ilíaca
7 Espina ilíaca posterior superior
8 Contorno marginal craneal del m.trapecio
9 Cuadro tendinoso en forma de rombo del m.trapecio
10 Prominencia del m.deltoides
11 Borde interno de la escápula
12 Contorno marginal caudal del m.trapecio
13 Surco dorsal
14 Contorno marginal del m.dorsal ancho
15 Abombamiento longitudinal del m.erector de la columna
16 Rombo de Venus
17 Triángulo sacro
18 Hendidura anal
19 Surco de las nalgas

B. Anatomía superficial del dorso

1. Relieve superficial del dorso y puntos óseos palpables

En el lado dorsal del tronco, con posición del cuerpo erguida, a partir de la 7.ª vértebra cervical se identifica en la línea media el *surco dorsal*, que se dirige hacia abajo hasta el sacro (fig. **193**). El tejido conjuntivo subcutáneo está fijado aquí en las apófisis espinosas, por consiguiente la piel está hundida, mientras que en ambos lados sobresalen las prominencias longitudinales del m.erector de la columna. En la región sacra se ensancha el surco en el triángulo sacro. La base de esta depresión triangular está formada por una línea que une las dos espinas ilíacas posterosuperiores (en la zona de estas espinas la piel está fijada al periostio). El vértice del triángulo está dirigido hacia la parte caudal y se continúa en la hendidura anal. En las líneas laterales de este triángulo situado sobre el vértice, se abomba a cada lado el m.glúteo mayor. Ante todo en la mujer, la piel también está deprimida encima de la 5.ª espina vertebral lumbar, de manera que en conjunto se origina una depresión romboidea, el *rombo de Venus* o de Michaelis (fig. **193**). (La limitación lateral superior de este rombo forma la transición de la parte tendinosa a la muscular del m.erector de la columna.)

En la pelvis femenina normal el diámetro vertical del rombo es sólo poco mayor que el horizontal (= separación entre las dos articulaciones sacroilíacas). El obstetra puede deducir de la forma del rombo conclusiones sobre la anchura de la pelvis menor femenina o de una deformación.

Puntos óseos palpables. En la línea media se palpan claramente la protuberancia occipital externa y las espinas vertebrales a partir de la 7.ª (6.ª) cervical (fig. **193**), en la columna vertebral dorsal y lumbar sólo pueden palparse en caso de flexión anterior acentuada del tronco. En esta posición del cuerpo pueden reconocerse escoliosis leves. Dado que la espina de la escápula y el acromion pueden ser palpados a través de la piel, puede deducirse la posición y movilidad de las escápulas.

En individuos delgados y musculados pueden distinguirse los bordes del contorno de los músculos dorsales superficiales (ante todo dorsal ancho, m.trapecio) y el cuadro tendinoso del m.trapecio (fig. **193**).
La piel del dorso es muy resistente, pero en general ligeramente desplazable por el tejido subcutáneo laxo. En la región de la nuca, donde también el subcutis es muy resistente y donde en medida variable individualmente los lobulillos de grasa están en compartimientos por placas de tejido conjuntivo, se origina en la flexión dorsal de la cabeza una eminencia transversal.

Procesos inflamatorios en la nuca (forúnculo, carbunco) originan por tal motivo tensiones muy dolorosas.

Las *líneas de división* de la piel en la región de la nuca corren por encima de la escápula y en la región lumbar aproximadamente de través, en el segmento

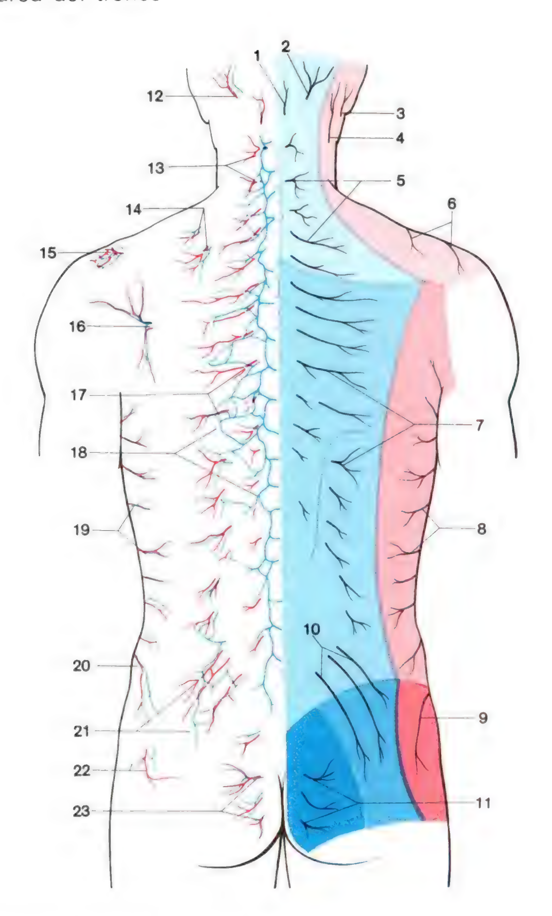


Fig. 194. **Vasos y nervios cutáneos del dorso.**
Exposición esquemática de las arterias y venas cutáneas (lado izquierdo), así como de los nervios cutáneos y zonas cutáneas anatómicas (derecha).
(...Línea limitante entre los territorios de inervación de los rr.cutáneos internos y externos de los rr.dorsales de los nn.torácicos)

- Rr.dorsales de los nervios cervicales
- Rr.dorsales de los nervios torácicos
- Rr.dorsales de los nn.lumbares
- Rr.dorsales de los nn.sacros
- Rr.ventrales de los nn.cervicales (plexo cervical)
- Rr.ventrales de los nn.torácicos (nn.intercostales)
- Rr.ventrales de los nn.lumbares (plexo lumbar)

situado en posición intermedia de la pared del tórax son levemente oblicuas y descienden de la parte interna a la externa (fig. **72**).

2. Vasos y nervios cutáneos del dorso

a) Arterias y venas cutáneas

Las **arterias cutáneas** del dorso son ramas terminales de los rr.dorsales segmentarios, que proceden en la región del cuello de la a.cervical profunda, en la pared torácica dorsal de las aa.intercostales posteriores y lumbares, y en la región sacra de la a.sacra externa (fig. **194**). Cada ramo dorsal se divide (en principio) en dos ramas cutáneas (fig.**26**). La *r.cutánea interna* entra en el subcutis junto a la hilera de las apófisis espinosas, la *r.cutánea externa* llega al subcutis externamente a partir del m.erector de la columna (figs. **190** y **194**).

A la región escapular van ramas cutáneas de las aa.transversas del cuello y de la supraescapular en lugar de los rr.cutáneas externas que aquí faltan (fig. **194**).

Las **venas cutáneas** acompañan a las correspondientes ramas arteriales y están en comunicación con el plexo venoso vertebral externo posterior a través de los ramos dorsales. Al igual que en la pared anterior del tronco, hay en la zona epifascial una red venosa subcutánea de mallas amplias, que comunica con las ramas de las venas segmentarias (fig. **194**).

b) Vías linfáticas superficiales

El **aflujo de linfa** llega a la región superior de la nuca (en parte, por los *ganglios linfáticos occipitales* situados a nivel de la línea superior de la nuca) a los ganglios linfáticos cervicales profundos, de la región inferior

---

◄ 1 N.occipital tertius
2 N.occipital mayor
3 R.posterior del n.auricular mayor
4 N.occipital menor
5 Rr.cutáneos internos de los rr.dorsales de los nn.cervicales
6 Nn.supraclaviculares externos
7 Ramos cutáneos de los rr.dorsales de los nn.torácicos
8 Rr.dorsales de los rr.cutáneos externos de los nn.intercostales
9 R.cutáneo externo del n.iliohipogástrico
10 Nn.superiores de la nalga
11 Nn.medios de la nalga
12 Rr.occipitales de la a. y v.occipital
13 Ramos cutáneos de la a. y v.cervical profunda
14 Ramos cutáneos de la a. y v.cervical superficial
15 Red acromial (aflujo o desagüe por la a. y vena supraescapular y toracoacromial)
16 Ramos cutáneos de la arteria y vena supraescapular o circunfleja de la escápula
17 Rr.cutáneos procedentes de las ramas dorsales de las aa. y vv.intercostales posteriores
18 Red venosa subcutánea del dorso (presentación incompleta)
19 Ramos dorsales de los rr.cutáneos externos de las aa. y vv.intercostales posteriores
20 Ramos dorsales de los rr.cutáneos externos de una a. o v.lumbar
21 Rr.cutáneos externos de las rr.dorsales de las aa. y vv.lumbares
22 Ramos cutáneos de la a. y v.glútea superior
23 Ramos cutáneos de los rr.dorsales de las aa. y vv.sacras externas

de la nuca y del segmento torácico del dorso a los ganglios linfáticos axilares y de la parte caudal de la pared dorsal del tronco a los ganglios linfáticos inguinales superficiales (fig. **215**). Las vías de excreción linfática sobrepasan también la línea media.

c) Nervios cutáneos

La **inervación** de la piel del dorso se realiza por las ramas terminales del *r.dorsal de los nervios espinales*, el *r.cutáneo interno* y el *r.cutáneo externo*, que, juntamente con los vasos, llegan al subcutis (figs. **190** y **194**).

Las ramificaciones internas discurren oblicuamente por el m.multífido y llegan cerca de las apófisis espinosas al subcutis. Los rr.externos pasan casi siempre entre los mm.dorsal ancho e iliocostal a través de la capa muscular.

En la nuca y en la zona de la escápula faltan los rr.cutáneos externos; en el segmento inferior, por el contrario, los rr.internos están desarrollados más débilmente o no son demostrables en la preparación.

Las ramas externas de los rr.dorsales de los tres nervios craneales lumbares o sacros van a la piel de las nalgas (figs. **173** y **174**) como *nn.superiores* y *medios de la nalga*. El r.dorsal del 4.° y 5.° nervio sacro y lumbar, así como del nervio coccígeo, no posee ninguna rama cutánea externa.

Inervación segmentaria de la piel. Cada r.dorsal de un nervio espinal inerva con sus rr.cutáneos un área cutánea en forma de franja que se continúa en la pared del tronco —que corre a lo largo de una línea convexa en dirección interna a través del ángulo inferior de la escápula— con un acodamiento en la región de inervación del r.ventral correspondiente (fig. **57a**). En el cuello y en el hombro se unen, en dirección ventral, las zonas de inervación de las ramas del plexo cervical, que ya no poseen inervación segmentaria (fig. **194**). Las zonas cutáneas de inervación segmentaria se siguen desde la zona craneal a la caudal (de C_2-Co_1). Cada una de estas zonas cutáneas es sólo inervada unisegmentariamente con respecto a la percepción del dolor, mientras que las fibras para la presión, contacto, etc. de su nervio segmentario correspondiente, actúan sobre el segmento vecino.

En el límite de los nervios cervicales y torácicos y de los nervios lumbares y sacros desaparecen segmentos, aparecen "lagunas", **hiatos,** pues aquí faltan nervios cutáneos (casi siempre C_8) o ramas de los nervios cutáneos.

Zonas de Head. Las zonas cutáneas inervadas unisegmentariamente con respecto a la percepción del dolor corresponden a las zonas de Head. La aparición en estas zonas de una percepción exagerada del dolor (hiperalgesia) avisa al médico de la enfermedad de un órgano. Una hiperalgesia en las zonas T_7 y T_8 a la izquierda de la columna vertebral significa, por ejemplo, que existe una úlcera gástrica.

C. Pared ventral del tronco

1. Pared del tórax

El **esqueleto de la pared del tórax** consiste, dorsalmente, en la *columna torácica*, y hacia fuera y hacia la parte ventral en 12 *costillas* a cada lado, y ventral en el *esternón*. Estos elementos esqueléticos constituyen en su conjunto la *caja torácica* o *tórax*. Los *espacios intercostales* son cerrados y tensados por los *mm.intercostales*.
Sobre esta *capa profunda*, en la que todavía puede reconocerse la división metamérica de la pared del cuerpo, se han extendido los músculos de la región del dorso, del vientre y de la extremidad superior. Forman la *capa media* de la pared del tórax y son accionados por los grupos de músculos correspondientes.

En la *capa superficial*, que está formada por la piel, el subcutis y la *fascia pectoral*, se ha desarrollado (desde el punto de vista topográfico) la *mama* como órgano del subcutis.

a) Elementos esqueléticos del tórax

La **costilla** consta de un segmento óseo, dorsal y alargado, el *hueso costal*, que articula con las vértebras torácicas, y un segmento cartilaginoso ventral más corto, el *cartílago costal* (fig. **198**).
Las costillas I-VII (raramente VIII) llegan directamente al esternón; son las *costillas verdaderas*. Las costillas VIII-XII son designadas como *falsas costillas*. La 8.ª, 9.ª y 10.ª costilla están en conexión con el esternón sólo de manera indirecta: los extremos de los cartílagos costales se unen respectivamente al cartílago de la costilla superior inmediata y forman el *arco costal* (fig. **198**). La 11.ª y 12.ª costilla (en hasta el 70 % también la 10.ª) terminan libremente y móviles en la pared torácica, incluidas en la musculatura abdominal: "costillas fluctuantes".

La 1.ª y la 12.ª costilla son las más cortas (la última puede variar notablemente en su longitud), la 7.ª costilla es la más larga. Los cartílagos costales aumentan de longitud desde la 1.ª hasta la 7.ª costilla, después se hacen nuevamente más cortos.

Mientras que el cartílago de la 1.ª-3.ª costilla aproximadamente continúa la dirección de la costilla ósea (el cartílago costal I es extraordinariamente corto), los siguientes cartílagos costales muestran una progresiva curvatura del segmento ventral en sentido craneal hasta la 10.ª costilla: *ángulo cartilaginoso costal* (fig. **198**). La zona de curvatura está constantemente por dentro del segmento cartilaginoso, nunca en el límite oseocartilaginoso.

Frecuentemente entre el cartílago de la 6.ª y 7.ª costilla (más raramente entre la 6.ª ó 7.ª y 8.ª costilla) existe una unión articular transversa: articulación intercondral (fig. **198**).

Las costillas II-XI presentan una triple curvatura. La *curvatura de las caras* origina el abombamiento lateral del tórax. Mediante la *curvatura de los bordes* el extremo costal ventral es descendido con respecto al vertebral y se encuentra hasta dos vértebras más abajo. Mediante la *torsión* de las costillas en torno a su eje longitudinal, la cara externa –especialmente evidente en las costillas superiores– de las costillas en el extremo vertebral

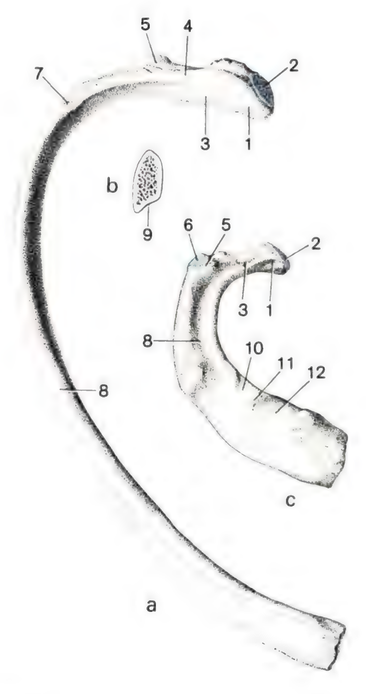


Fig. 195. **Costilla ósea.**
a 7.ª costilla, vista craneal
b 7.ª costilla, corte transversal en el ángulo costal
c 1.ª costilla, vista craneal
1 Cabeza costal
2 Faceta articular de la cabeza costal
3 Cuello costal
4 Cresta del cuello costal
5 Tuberosidad costal
6 Faceta articular de la tuberosidad costal
7 Angulo costal
8 Cuerpo costal
9 Surco costal
10 Surco de la a.subclavia
11 Tuberosidad del m.escaleno
12 Surco de la v.subclavia

mira algo hacia la parte caudal, en el extremo ventral ligeramente hacia la craneal.

La 1.ª costilla está fuertemente aplanada en sentido craneocaudal. Falta la curvatura de superficie y la torsión, pero en cambio la curvatura de bordes es muy manifiesta y determina la forma arqueada de las costillas. En la 12.ª costilla se observa una curvatura de superficie, la curvatura de bordes es muy escasa y no existe la torsión.

En la *costilla ósea* (fig. **195**) se distingue:
– la *cabeza costal,* que está en unión articular con las vértebras torácicas,
– el *cuello costal,* que llega hasta la *tuberosidad costal,* y
– el *cuerpo costal,* que en el *ángulo costal* se dobla hacia la parte ventral.

En la 2.ª -10.ª (11.ª) costilla la faceta articular de la cabeza costal (figs. **195** y **200**) está dividida por una cresta de la cabeza costal en dos facetas (articulación con las correspondientes fositas articulares de dos vértebras torácicas). En la cabeza costal se une hacia la zona dorsal externa (en la 1.ª costilla simplemente hacia el lado) el cuello costal, cuyo borde superior puede estar agudizado en una cresta del cuello. El cuerpo costal continúa inicialmente la dirección del cuello costal y no se dobla hacia la parte ventral hasta el ángulo costal, que en las costillas sucesivas, en dirección caudal, cada vez se desplaza más hacia fuera. En la 1.ª costilla el ángulo costal coincide con la tuberosidad costal. En la 1.ª-10.ª costilla lleva una faceta articular de la tuberosidad costal revestida de cartílago (fig. **195**) para la unión articular con la apófisis transversa de la columna torácica. En la 11.ª y 12.ª costilla la tuberosidad sólo está levemente desarrollada.

En las 10 primeras costillas, la cara interna del cuerpo costal —hasta aproximadamente la altura de la línea axilar— está excavada a lo largo del borde inferior por un *surco costal* (fig. **195**) por el que discurren los nervios y vasos intercostales. El borde inferior del cuerpo costal está agudizado en la zona cercana a la vértebra.

Por la superficie de la 1.ª costilla (fig. **195**) discurren los vasos de la clavícula en dos suaves surcos, el *surco de la a.subclavia* (dorsal externo) y el *surco de la vena subclavia* (ventral interno). Entre las dos depresiones se levanta la *tuberosidad del m.escaleno* para la inserción del m.escaleno anterior; dorsal con respecto a éste hay una rugosidad para la inserción del m.escaleno medio. La cara externa de la 2.ª-9.ª costilla lleva, cerca del límite óseo-cartilaginoso, respectivamente una suave elevación para las muescas de inserción del m.serrato anterior, que en la 2.ª costilla es especialmente manifiesta: *tuberosidad del m.serrato anterior.*

Las costillas supernumerarias (costillas cervicales, costillas lumbares) según datos de la mayoría de autores, son esencialmente más frecuentes (aproximadamente 6 %) que una disminución del número de costillas. De todos modos, costillas cervicales desarrolladas de manera relativamente completa sólo se presentan en apenas un 1 % de la población europea. En este caso los vasos braquiales y el plexo braquial pasan por la costilla cervical y pueden (p. ej. al llevar un saco pesado en la espalda) ser afectados conjuntamente.

El **esternón** consta en el adulto de tres partes osificadas (figs. **96, 198** y **199**):

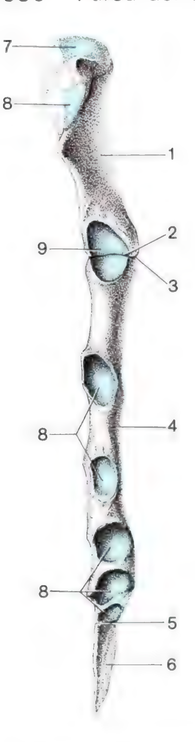


Fig. 196. **Esternón,** vista desde la derecha.
1 Manubrio esternal
2 Sincondrosis manubrioesternal
3 Angulo esternal
4 Cuerpo esternal
5 Sincondrosis xifoesternal
6 Apéndice xifoides
7 Hendidura clavicular
8 Hendiduras costales
9 Hendidura costal II

– el mango corto y ancho, *manubrio esternal,*
– el cuerpo largo y estrecho, el *cuerpo esternal,* y
– el *apéndice xifoides,* casi siempre de extremo cartilaginoso y a menudo bifurcado o perforado.

El manubrio y el cuerpo están en unión mediante la *sincondrosis manubrioesternal,* el cuerpo y el apéndice xifoides mediante la *sincondrosis xifoesternal* (figs. **196, 198** y **199**). En edad muy avanzada los tres segmentos esternales están unidos y la unión está osificada.

El manubrio posee en su borde craneal una retracción, la hendidura yugular, que es palpable a través de la piel, *fosa yugular.* Una hendidura lateral par, la *hendidura clavicular,* sirve para la articulación con la clavícula. Las *hendiduras costales* (para 1 1/2 costillas en el manubrio, para 5 1/2 costillas en el cuerpo esternal) alojan las 7 costillas esternales, de las cuales la primera está unida al esternón por una sincondrosis y las restantes por una unión articular. Manubrio y cuerpo a menudo están doblados recíprocamente en la sincondrosis manubrioesternal: *ángulo esternal* (fig. **196**). Externamente a esta línea transversal puede palparse la 2.ª costilla a través de la piel, mientras que el extremo esternal de la 1.ª costilla está recubierto por la clavícula. Similares líneas óseas transversas entre las

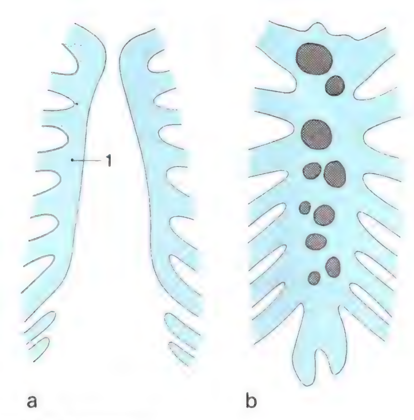


Fig. 197. **Desarrollo del esternón.**
a Crestas esternales (mitad del 2.º mes embrionario) aún no fusionadas
b Núcleos de osificación en el esternón (7.º mes de vida)
1 Cresta esternal

correspondientes hendiduras costales del cuerpo del esternón se presentan en la fusión sinostósica de las placas óseas formadas por varios núcleos de osificación del esternón infantil.

La esponjosa del esternón contiene medula ósea roja, la cual, dado que el esternón está situado inmediatamente debajo de la piel, puede ser tomada con objeto diagnóstico sin grandes dificultades mediante punción esternal.

Osificación: La osificación de las costillas comienza al final del 2.º mes embrionario y prosigue desde el extremo vertebral en sentido esternal. El segmento ventral del esbozo costal se mantiene cartilaginoso. El cartílago costal puede calcificar en el período postnatal y entonces es visible radiológicamente. Su calcificación comienza en la 1.ª costilla y la intensidad del depósito cálcico aumenta de craneal a caudal. En un individuo de 25 años, la calcificación puede estar ya muy avanzada, y en casos excepcionales incluso faltar en un individuo de 60 años. En el límite óseo-cartilaginoso queda siempre un segmento estrecho, no calcificado, transparente a las radiaciones röntgen (peligro de confusión con una fractura de costilla). Las epífisis en la cabeza costal y tuberosidades costales se presentan en la edad de la pubertad y fusionan siempre entre los 20 y 25 años de vida con la costilla en osificación.

La fusión de los núcleos de osificación originados en el esternón cartilaginoso (6.º hasta 10.º mes fetal en la lactancia) (fig. **197b**) comienza alrededor de la pubertad y está concluida alrededor de los 25 años. Ocasionalmente puede realizarse parcialmente: "esternón multipartido".

Si en la ontogénesis no se produce la fusión total de ambas crestas esternales cartilaginosas (fig. **197a**), a través de la cual tiene lugar la formación del

esternón, se presentan orificios (peligro de lesión del corazón en la punción esternal). En casos raros existe una hendidura longitudinal, continua, la "hendidura esternal congénita".

El **tórax,** que encierra la cavidad torácica, está formado por las 12 vértebras dorsales, los 12 pares de costillas, el esternón y las conexiones de

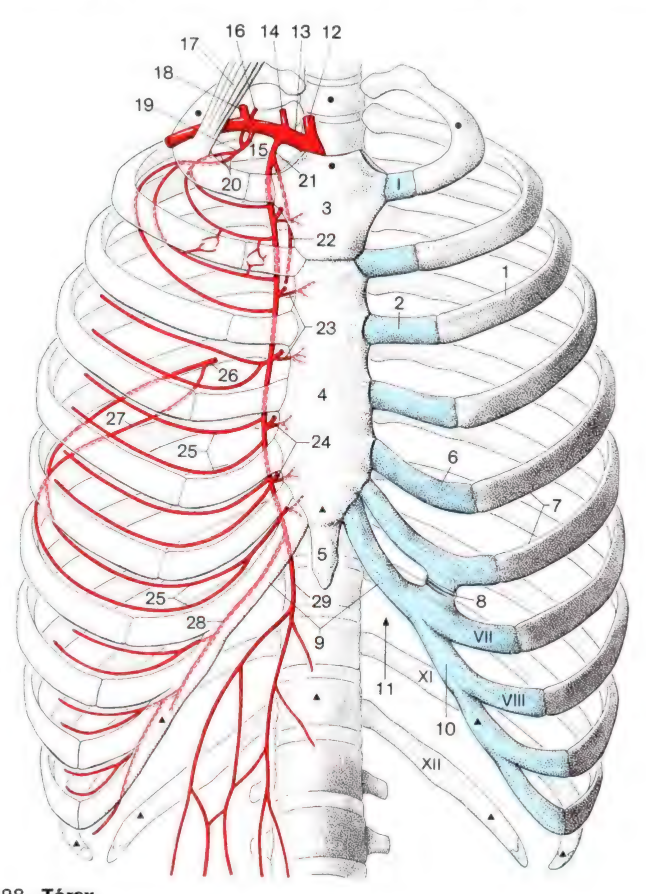


Fig. 198. **Tórax.**
A.torácica interna y ramas (lado derecho)
(las ramas viscerales y ramificaciones terminales de las arterias no están representadas)
I-VII Costillas verdaderas
VIII-XII Costillas falsas
XI, XII "Costillas fluctuantes"
● Abertura torácica superior
▲ Abertura torácica inferior

estos elementos esqueléticos (fig. **198**). Visto desde la parte ventral se parece a un cono romo, y el contorno lateral es similar a un óvalo. La cavidad torácica se ve arriñonada en un corte transverso. La columna vertebral se adelanta desde la parte dorsal hacia el interior de la cavidad torácica. El segmento costal cercano a las vértebras discurre primero oblicuamente hacia la parte dorsal externa y sólo en el *ángulo costal* se dirige en sentido ventral. Así se origina en ambos lados de la columna de los cuerpos vertebrales un surco longitudinal que se ensancha hacia la zona caudal, el *surco pulmonar* (fig. **198**), que aloja la porción dorsal de los pulmones. Por tanto, los órganos torácicos no están situados sólo en la parte ventral, sino también en la parte externa de la columna vertebral (mejor distribución de peso en relación con la marcha con el cuerpo erguido).

Los **espacios intercostales** (fig. **198**) son más amplios en la parte ventral que en la dorsal, entre las costillas superiores (ante todo entre la 3.ª y 4.ª o la 4.ª y 5.ª) más anchos que entre las costillas inferiores. En la parte ventral los espacios intercostales I-V (VI) son cerrados por el borde esternal y los siguientes 4 (3) espacios intercostales por los cartílagos costales, mientras que los dos espacios intercostales caudales carecen de un cierre ventral.

La **abertura superior del tórax,** en forma de corazón, es limitada por la 1.ª vértebra torácica, el 1.^{er} par de costillas y el borde superior del manubrio esternal (fig. **198**). El plano de entrada está situado oblicuamente, el borde esternal craneal está en posición media a nivel de la 2.ª vértebra torácica.

La **abertura inferior del tórax,** ovalada transversa, es esencialmente más amplia y asciende desde dorsal hacia ventral. Está limitada por la 12.ª costilla torácica, los extremos libres de la 12.ª y 11.ª costillas, el arco costal y el segmento terminal caudal del esternón (fig. **198**).

En el tórax en forma de tonel del recién nacido, el diámetro sagital es relativamente mayor que en el adulto, pero siempre absolutamente menor que el diámetro transversal. La inclinación de las costillas es escasa. En el

---

◄ 1 Hueso costal
2 Cartílago costal
3 Manubrio esternal
4 Cuerpo esternal
5 Apéndice xifoides
6 Angulo cartilaginoso costal
7 Espacio intercostal
8 Articulación intercondral (abierta)
9 Angulo infraesternal
10 Arco costal
11 Surco pulmonar
12 A.carótida común derecha
13 A.subclavia derecha
14 A.vertebral
15 Tronco costocervical
16 A.cervical profunda
17 M.escaleno anterior
18 Tronco tireocervical
19 A.intercostal superior
20 Aa.intercostales posteriores I, II
21 A.torácica interna
22 A.pericardiofrénica
23 Rr.esternales
24 Rr.perforantes
25 Rr.intercostales anteriores, anastomosan con las aa.intercostales posteriores (26) o rr.colaterales (27)
26 A.intercostal posterior
27 R.colateral
28 A.musculofrénica
29 A.epigástrica superior, anastomosa con la a.epigástrica inferior

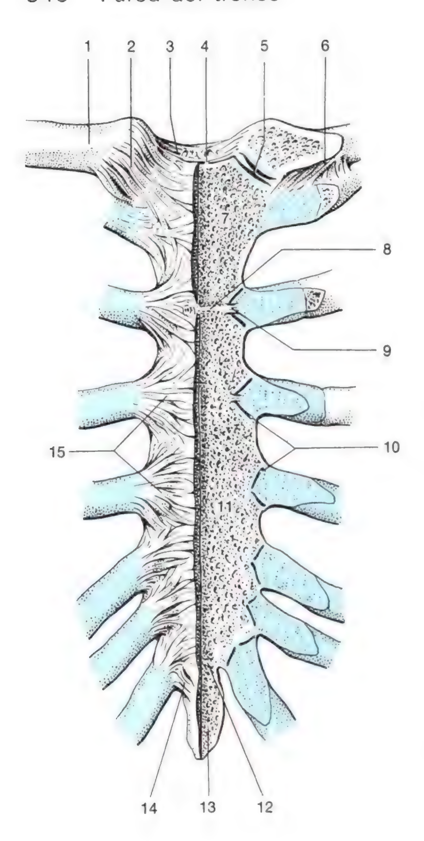


Fig. 199. **Esternón y uniones esternales,** vista ventral. (Articulación interna de la clavícula y conexiones esternón-costillas del lado izquierdo, abierto por corte sagital frontal)
1 Extremo esternal de la clavícula
2 Lig.esternoclavicular anterior
3 Lig.interclavicular
4 Hendidura yugular
5 Disco articular en la articulación esternoclavicular
6 Lig.costoclavicular
7 Manubrio esternal
8 Sincondrosis manubrioesternal
9 Lig.esternocostal intraarticular
10 Articulaciones esternocostales
11 Cuerpo esternal
12 Sincondrosis xifoesternal
13 Apéndice xifoides
14 Ligg.costoxifoideos
15 Ligg.esternocostales radiados

adulto cursan verticalmente hacia abajo. El ángulo del arco costal, ángulo infraesternal (fig. **198**), se ha reducido, y la abertura torácica inferior es relativamente más estrecha que en el lactante. En el sexo femenino no sólo es absolutamente más corto, sino que en proporción también es más estrecho que en el hombre.

En los ancianos el tórax es aplanado, las costillas se encuentran verticales hacia abajo, el ángulo infraesternal es muy agudo. Son frecuentes las variantes individuales del tórax (tórax ancho y estrecho → Tipos constitucionales).

Las escoliosis de la columna vertebral se acompañan de deformaciones correspondientes de las costillas y deformaciones del tórax. En casos graves se produce un notable desplazamiento de los órganos torácicos con intensa limitación de la función cardíaca y pulmonar. El tórax está más o menos rígido y fijado en posición de espiración.

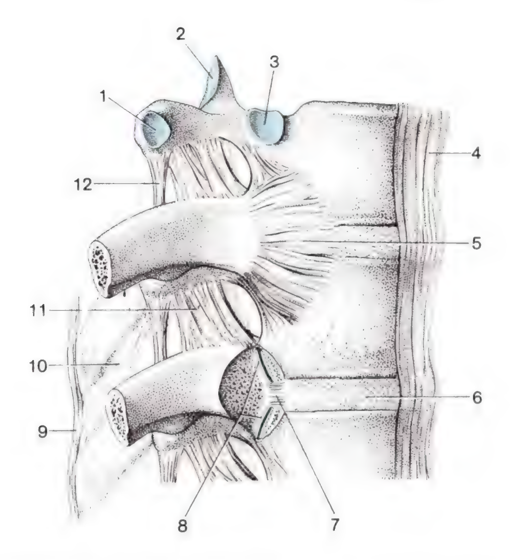


Fig. 200. **Articulaciones costovertebrales.** Vista desde la derecha y algo ventral (cabeza de la costilla inferior cortada oblicuamente, articulación de la cabeza costal abierta).

1 Fosita costal transversal
2 Apófisis articular superior
3 Fosita costal superior
4 Lig.longitudinal anterior
5 Lig.radiado de la cabeza costal
6 Disco intervertebral
7 Lig. de la cabeza costal intraarticular
8 Faceta articular de la cabeza costal
9 Lig.supraespinoso
10 Lig.interespinoso
11 Lig.costotransverso superior
12 Lig.intertransverso

b) Uniones de las costillas

Uniones esternón-costillas. La 1.ª costilla (y a veces también las costillas esternales inferiores) están unidas de manera continua con el esternón mediante una sincondrosis; las restantes costillas verdaderas articulan en las *articulaciones esternocostales* (fig. **199**). La cavidad de la 2.ª articulación esternocostal (la de la 3.ª ó 5.ª articulación es más rara) está dividida frecuentemente en dos por un *lig.esternocostal intraarticular*. Del periostio o del pericondrio de las costillas irradian los *lig.esternocostales radiados* en las cápsulas articulares (fig. **199**). Se entrelazan con haces de fibras cruzadas en la cara ventral del esternón formando la *membrana esternal*. Los correspondientes sistemas de fibras en la cara dorsal del esternón están más débilmente formadas. Las fibras de curso longitudinal de los cartílagos de la 6.ª y 7.ª costilla al apéndice xifoides se denominan *ligg. costoxifoideos*.

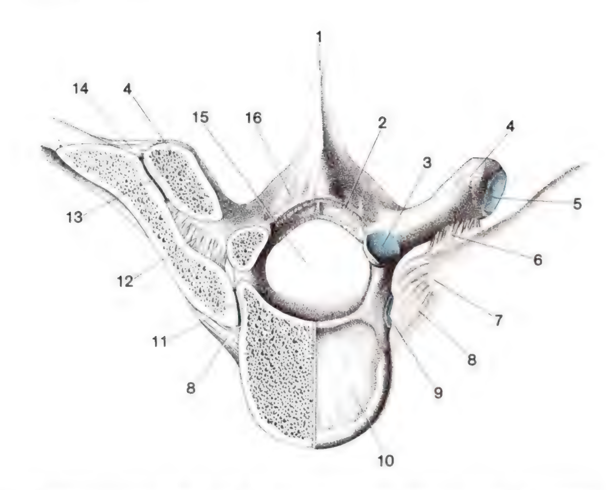


Fig. 201. **Articulaciones de la 6.ª vértebra torácica con la 6.ª costilla** (a la derecha) **y la 7.ª costilla** (a la izquierda). Vista craneal.

1 Apófisis espinosa
2 Lig.amarillo (seccionado)
3 Apófisis articular superior
4 Apófisis transversa (superficie de corte a la derecha)
5 Fosita costal transversal
6 Lig.costotransverso superior
7 Cabeza costal
8 Lig.radiado de la cabeza costal
9 Fosita costal superior
10 Cuerpo vertebral (superficie de corte de la mitad derecha)
11 Articulación de la cabeza costal
12 Lig.costotransverso
13 Articulación costotransversal
14 Lig.costotransversal externo
15 Agujero vertebral
16 Lámina del arco vertebral

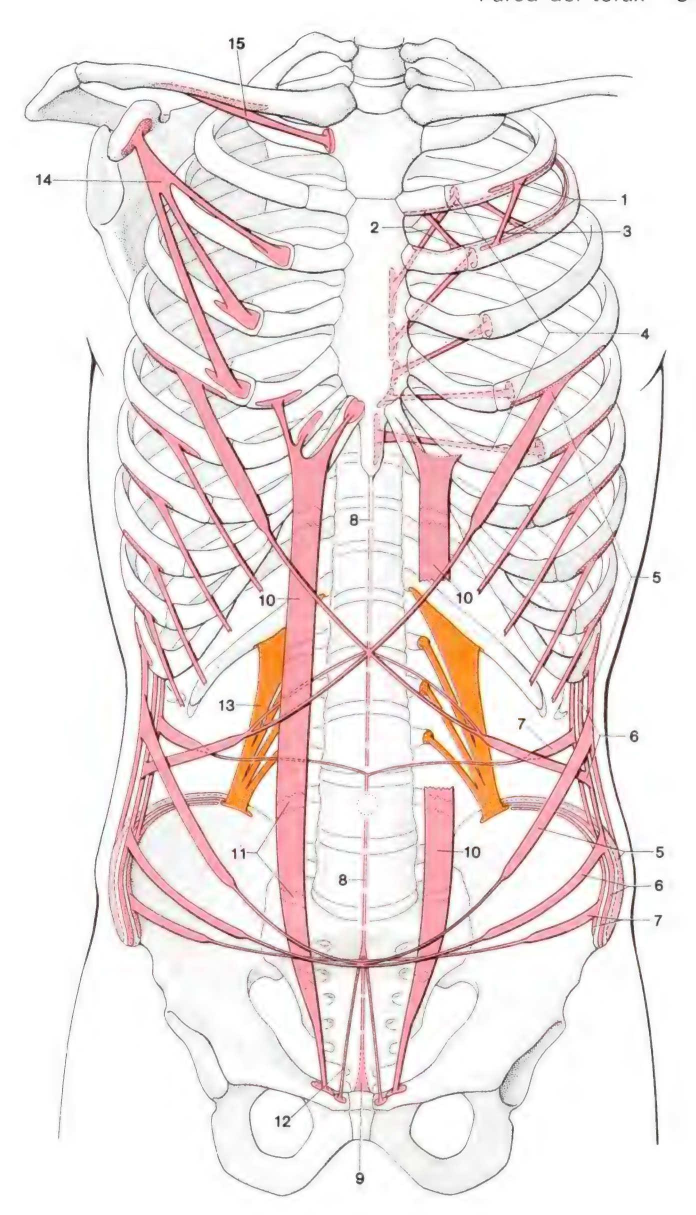
Articulaciones costo-vertebrales. Las costillas articulan mediante la cabeza costal con los cuerpos vertebrales dorsales y mediante la tuberosidad costal (exceptuando la 11.ª y 12.ª costilla) con las apófisis transversas.

En la *articulación de la cabeza costal,* la cabeza de la 1.ª, 11.ª y 12.ª costilla está en unión articular con el correspondiente cuerpo vertebral torácico, mientras que en la 2.ª-10.ª costilla las fositas costales superiores inferiores de dos cuerpos vertebrales sucesivos y el disco intervertebral forman la cavidad acetabular (figs. **178, 200** y **201**).

Fig. 202. **Músculos de la pared torácica y abdominal.**

1 M.intercostal externo
2 M.intercostal interno (entre los cartílagos costales = m.intercartilaginoso)
3 M.intercostal interno (entre las costillas osificadas)
4 M.transverso torácico
5 M.oblicuo externo del abdomen
6 M.oblicuo interno del abdomen
7 M.transverso del abdomen
8 Línea alba
9 Adminiculum de la línea alba
10 M.recto abdominal
11 Intersecciones tendinosas
12 M.piramidal
13 M.cuadrado lumbar
14 M.pectoral menor
15 M.subclavio

►


15
14
1
2
3
4
8
5
10
10
13
7
6
11
10
5
8
6
7
12
9

La cavidad articular en estas articulaciones es dividida en dos compartimientos mediante un *lig. intraarticular de la cabeza costal* fijado a la cresta de la cabeza (fig. **200**). En el lado ventral el *lig. radiado de la cabeza costal* refuerza la cápsula articular, cuyas fibras van de la cabeza costal a los dos cuerpos vertebrales y al disco intervertebral (figs. **200** y **201**).

La *articulación costotransversa* (fig. **201**) une respectivamente la tuberosidad costal de las costillas I-X con la apófisis transversa de la vértebra torácica correspondiente.

Las costillas II-V (VI) realizan en estas articulaciones un giro en cono, mientras que las tuberosidades costales de la 7.ª-10.ª costilla en la cara articular plana de las apófisis transversas se desplazan hacia la parte dorsal y craneal. A la superficie posterior de la cápsula articular se superponen los haces fibrosos de curso transverso del *lig. costotransversal externo,* que desde el vértice de la apófisis transversa van a la tuberosidad (fig. **201**).

Para la realización del movimiento en las articulaciones de las costillas, otros dos ligamentos desempeñan un importante papel: el *lig. costotransversal* (fig. **201**) rellena el vacío entre el cuello costal y la apófisis transversa y discurre desde la cara dorsal del cuello costal a la cara ventral de la apófisis transversa correspondiente. Mediante el *lig.costotransversal superior* el cuello costal está como colgado en la apófisis transversa de la vértebra inmediata superior (figs. **200** y **201**).
Los movimientos en las articulaciones costales serán expuestos en el comentario de la mecánica de los movimientos respiratorios (→ pág. 558).

c) Disposición e inervación de la musculatura torácica autóctona

La **musculatura autóctona del tórax** consta de
- los *músculos intercostales externos* e *internos,* en los espacios intercostales,
- los *músculos subcostales,* que se han separado de los músculos intercostales internos y secundariamente se han extendido como músculos unisegmentarios a segmentos vecinos, y
- el *músculo transverso torácico,* la continuación craneal del m.transverso del abdomen, constituido por material de los miótomos D2 hasta D6.

Inervación de los músculos torácicos autóctonos: nn.intercostales (rr.ventrales de los nn.dorsales).

Los mm.serratos posteriores que se han deslizado dorsalmente sobre la musculatura dorsal autóctona pertenecen genéticamente del mismo modo a la musculatura ventral del tronco. A pesar de que desplazaron su origen en la columna vertebral, son inervados por rr.ventrales de los nervios torácicos.

Los **mm.intercostales externos** forman la capa superficial de los músculos intercostales (figs. **190, 202** y **204**). Se extienden por todos los espacios intercostales desde la tuberosidad costal hasta el límite óseo-cartilaginoso de las costillas. Sus fibras discurren oblicuamente desde atrás y arriba

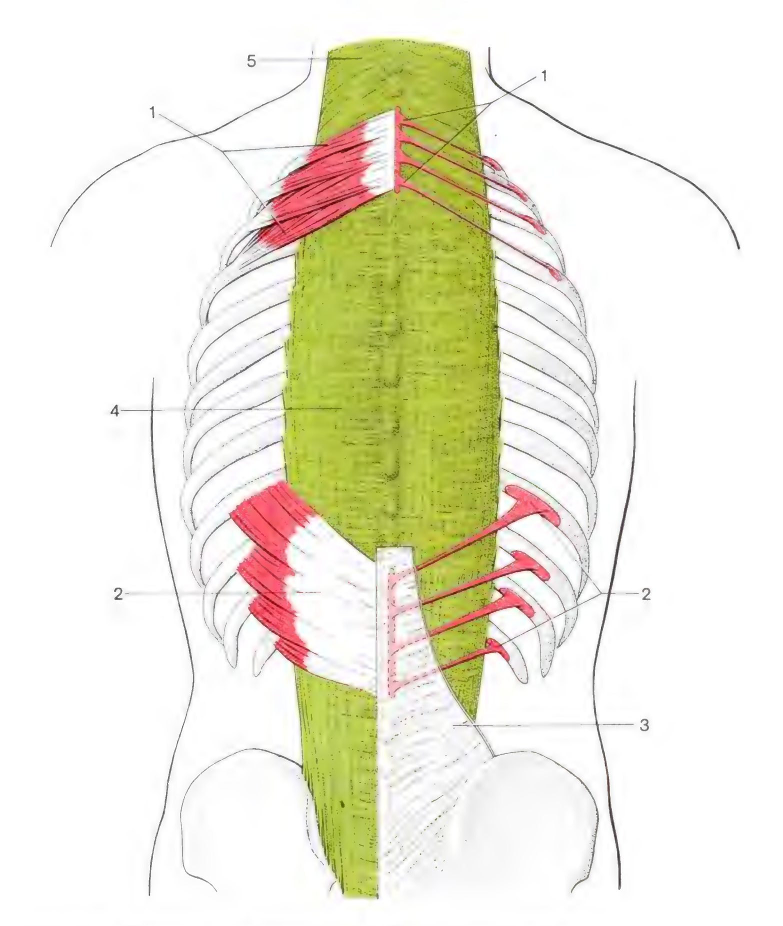


Fig. 203. **Mm.serratos posteriores y fascia toracolumbar.**
1 M.serrato posterior superior
2 M.serrato posterior inferior
3 Aponeurosis de origen del m.dorsal ancho, con la lámina superficial de la fascia toracolumbar (a la derecha seccionada, a la izquierda no representada)
4 Lámina superficial de la fascia toracolumbar
5 Fascia de la nuca

hacia adelante y abajo (como las fibras del m. oblicuo externo abdominal). Entre los cartílagos costales, estos músculos son sustituidos por haces fibrosos conjuntivales, la membrana intercostal externa.

Los **mm.intercostales internos** están cubiertos en todos los espacios intercostales por los músculos intercostales externos (figs. **190, 202** y **204**). Sus fibras aproximadamente en ángulo recto con los músculos intercostales externos— se dirigen desde la parte dorsal caudal a la ventral craneal (como las fibras del m.oblicuo interno del abdomen que se añaden en la zona caudal sin un límite preciso). En la zona ventral los mm.intercostales internos llegan hasta el esternón, dorsalmente sólo hasta el ángulo costal. En la región de los extremos costales dorsales los haces de fibras musculares están sustituidos por la tendinosa *membrana intercostal interna.*

Mediante los vasos y nervios intercostales, la capa profunda de los músculos intercostales internos es delimitada como *mm.intercostales íntimos.* Los segmentos de los mm.intercostales internos situados entre los cartílagos costales son denominados también "mm. intercartilaginosos" (fig. **202**).

Los **mm.subcostales** poseen la misma dirección de las fibras que los músculos intercostales. Se presentan únicamente en la región caudal del tórax en las cercanías del ángulo costal y saltan por encima de 1-2 costillas. Cada vientre muscular es inervado sólo por un nervio intercostal —a pesar de la dispersión en dos espacios intercostales mínimo.
El **m.transverso torácico,** igualmente un derivado de los músculos intercostales internos, se origina en el lado interno del tórax, en los cartílagos costales II-VI (cerca del límite óseo-cartilaginoso) y se inserta en el borde lateral del esternón en la parte inferior del cuerpo esternal y en el proceso xifoides (fig. **202**). Unicamente los haces fibrosos caudales discurren en dirección transversa, los haces musculares superiores cursan oblicuamente hacia abajo. La parte craneal del músculo está a menudo transformada a modo de tendón.
Acción de los músculos intercostales. Los músculos intercostales tensan los espacios intercostales en la cavidad pleural bajo las oscilaciones tensionales en la espiración e inspiración. Los mm.intercostales externos y los "mm.intercartilaginosos" elevan las costillas, con lo que pueden contribuir al movimiento de inspiración del tórax. Las partes de los mm.intercostales internos situados entre las costillas óseas, por el contrario, descienden las costillas y ayudan en la espiración. La contracción de los fascículos musculares del m.transverso torácico tracciona el cartílago costal hacia abajo. Estos haces musculares actúan en la espiración (→ mecánica respiratoria).
El **m.serrato posterior superior** se origina con una aponeurosis delgada pero resistente de las espinas de las dos últimas vértebras cervicales y de las dos primeras torácicas (fig. **203**). Discurre oblicuamente en dirección caudal y se inserta con 4 muescas carnosas por fuera del ángulo costal —y con ello también por fuera de la inserción del m.iliocostal— en la 2.ª-5.ª

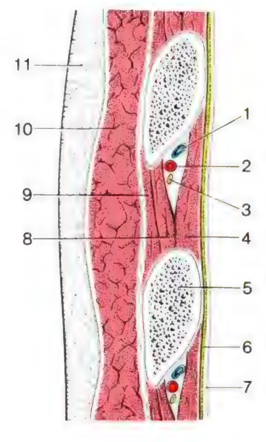


Fig. 204. **Corte a través de la pared torácica derecha algo por detrás de la línea axilar. Vasos y nervio intercostales.**
(R.colateral no representado)
1 V.intercostal posterior
2 A.intercostal posterior
3 N.intercostal
4 M.intercostal íntimo
5 Hueso costal
6 Fascia endotorácica
7 Pleura parietal
8 M.intercostal interno
9 M.intercostal externo
10 M.serrato anterior
11 Tela subcutánea

costilla. El músculo posee un momento favorable de palanca para la elevación costal e interviene en la inspiración.
El **m.serrato posterior inferior** se origina de las espinas de las dos últimas vértebras torácicas y de las dos primeras lumbares (fig. **203**). Se inserta con tendones cortos en la 9.ª-12.ª costilla, por fuera del ángulo costal.

La aponeurosis de origen del músculo está fusionada con la fascia toracolumbar y la placa tendinosa del m.dorsal ancho. Los 4 anchos vientres musculares, que en parte se deslizan de manera superpuesta, discurren –cubiertos en su totalidad por el m.dorsal ancho (fig. **190**)– oblicuamente hacia fuera y arriba, casi en sentido transversal a sus zonas de inserción.

El m.serrato posterior inferior actúa oponiéndose a un estrechamiento de la abertura inferior del tórax (tracción del diafragma) y ayuda de este modo a la inspiración.

d) Vasos y nervios intercostales

En cada espacio intercostal cursan como vías conductoras segmentarias (usualmente en la secuencia sucesiva indicada a continuación) para el servicio de la capa profunda, y en parte también de la superficial de la pared torácica:
– una *vena intercostal* (figs. **27** y **204**), que une el sistema de la ácigos y las venas torácicas internas (v.subclavia),
– una *arteria intercostal* (figs. **25, 26** y **204**), que forma una colateral entre la aorta torácica o tronco costocervical (a.subclavia) en el 1.er y 2.º espacio intercostal y a.torácica interna (a.subclavia), y
– un *nervio intercostal* (fig. **204**), que inerva la musculatura torácica y abdominal autóctona, la piel de la pared torácica dorsal externa y ventral, así como la pleura parietal y el peritoneo parietal.

Los vasos segmentarios correspondientes en el borde inferior de la 12 costilla, a. y v.subcostal, y el n.subcostal discurren por la pared abdominal.

Arterias. El arco vascular arterial de cada espacio intercostal consta de una *a.intercostal posterior* que va de dorsal a ventral, y un segmento ventral anastomosante con la anterior, el r.intercostal anterior (figs. **26** y **198**).

Las *arterias intercostales posteriores I y II* (para el 1.^{er} y 2.^{o} espacio intercostal) proceden de la a.intercostal superior (fig. **198,** tronco costocervical).

Las *aa.intercostales posteriores* III-XI, así como la *arteria subcostal,* se originan en la pared posterior de la aorta (fig. **25**).

Las arterias intercostales derechas discurren dorsalmente con respecto al esófago, conducto torácico y v.ácigos por la cara anterolateral derecha de los cuerpos vertebrales; las izquierdas van dorsalmente de la v.hemiácigos o v.hemiácigos accesoria. Delante de las cabezas costales los vasos de ambos lados cruzan por debajo el cordón limitante y en la región del cuello costal dan una rama dorsal.

Alojado en la fascia endotorácica, el tronco principal de cada arteria intercostal alcanza el surco costal y se dirige —inicialmente entre el músculo intercostal interno y el externo y después en el m.intercostal interno— en dirección ventral (fig. **204**). (La parte del m.intercostal interno que está situada internamente se denomina *m.intercostal íntimo*). En la región de la línea axilar la arteria abandona la protección de la costilla y discurre a lo largo del borde costal inferior en sentido ventral en el segmento anterior del espacio intercostal para la anastomosis con una rama intercostal anterior.

La rama principal de la arteria intercostal da en el ángulo costal una delgada *rama colateral* que a lo largo del borde superior de la siguiente costilla se dirige hacia la parte ventral y anastomosa con un ramo intercostal anterior (fig. **198**). Una *rama cutánea externa* abandona la rama principal en la pared torácica lateral y se divide en una rama dirigida hacia adelante y una dirigida hacia atrás (figs. **190** y **214**). En la mujer, las *rr.mamarias* que van a la glándula mamaria (y que proceden de las ramas cutáneas externas) están especialmente manifestadas.
Las arterias intercostales caudales, que acompañan las costillas falsas, discurren por el arco costal y cursan con su segmento terminal —al igual que la a.subcostal— en la pared abdominal muscular, entre los mm.transverso y oblicuo interno abdominal.

Las *rr.intercostales anteriores* (casi siempre dos por espacio intercostal, fig. **198**) completan el arco arterial segmentario, en el sentido de que anastomosan con las aa.intercostales posteriores o con su rama colateral. Se originan de la a.torácica interna (para los espacios intercostales 5-6 superiores) o de su rama terminal externa, la *a.musculofrénica* (para los espacios intercostales inferiores).

La circulación colateral formada por las anastomosis transversas entre la aorta y la a.torácica interna facilita, en caso de existir una estenosis del istmo de la aorta, la irrigación sanguínea del tronco y de la extremidad inferior.

Venas. Los arcos venosos intercostales corresponden en estructura y trayecto a los de las arterias intercostales y se componen de una *v.intercostal posterior* y una *v.intercostal anterior.* Se encuentran (casi siempre) en posición respecto de la correspondiente arteria intercostal y discurren hasta la línea axilar totalmente protegidos en el surco costal (fig. **204**). Las *vv.intercostales posteriores* desembocan a la derecha en la v.ácigos, a la izquierda en la v.hemiácigos o hemiácigos accesoria (fig. **27**). Desde las vv.intercostales posteriores superiores (a la derecha 1-2, a la izquierda 3-4), la sangre puede también fluir por la v.intercostal superior a la vena braquiocefálica.
Las *vv.intercostales anteriores* van a las vv.torácicas internas.

Vasos linfáticos. Vías linfáticas segmentarias acompañan a los vasos intercostales (fig. **29**). El desagüe de linfa tiene lugar en sentido dorsal a través de los ganglios linfáticos intercostales (fig. **215b,** en la cercanía de las cabezas costales) al conducto torácico, en sentido ventral por los ganglios linfáticos paraesternales (fig. **215**, a lo largo de los vasos torácicos internos) al conducto torácico (a la izquierda) o conducto linfático derecho (a la derecha), a la vena subclavia o al grupo subclavicular de los ganglios linfáticos cervicales profundos.

Nervios. Los nervios segmentarios de la pared del tórax, los *nn.intercostales,* son los rr.ventrales de los nn.torácicos. La modalidad de ramificación de los nervios torácicos corresponde ampliamente a la de las arterias intercostales.

El *n.intercostal* cursa después de la división del nervio espinal todavía un trayecto ulterior en la fascia endotorácica, junto a la pleura parietal debajo de la misma. Entra —casi siempre algo más externamente que los vasos— en los músculos intercostales y pasa a lo largo del borde costal inferior y con ello no protegido por el hueso en dirección ventral (fig. **204**).

Sólo el ramo para el m.intercostal externo (en los correspondientes segmentos con las ramificaciones laterales para los m.serratos posteriores [C8-D4 o D9-11]) pasa entre los mm.intercostales externo e interno. El n.intercostal mismo se une a los vasos intercostales, los cuales separan los mm.intercostal interno e íntimo. Da ramos motores para las dos capas del músculo intercostal interno, y en ocasiones para el m.subcostal y m.transverso torácico e inerva sensitivamente la pleura parietal.

Un *r.cutáneo externo* (figs. **190** y **214**) pasa a través de las muescas de origen del m.serrato anterior —aproximadamente en la línea axilar— a la piel de la pared torácica lateral y se divide en un ramo anterior y uno posterior. El ramo terminal sensitivo del nervio intercostal llega como ramo cutáneo anterior a la piel ventral del tórax junto al esternón (figs. **190** y **214**). Ambos ramos cutáneos dan *ramos mamarios* para la piel de la glándula mamaria.

El ramo ventral del 1.^{er} nervio torácico emite la mayor parte de sus fibras al plexo braquial (fig. **58**). Al 1.^{er} nervio intercostal, relativamente débil, le falta el ramo cutáneo lateral. Desde el r.cutáneo externo del 2.º (en ocasiones también del 3.^{er})

nervio intercostal, el ramo posterior se dirige como *n.intercostobraquial* a la extremidad (al n. cutáneo braquial interno).
Los 7 nervios intercostales caudales abandonan la región torácica y se dirigen a la pared abdominal (el 10.º en la región umbilical). Inervan motóricamente la musculatura abdominal, sensitivamente la piel abdominal y el peritoneo.

Punción pleural: dado que los vasos intercostales están protegidos en el surco costal aproximadamente hasta la línea axilar, en el tramo dorsal externo de su trayecto no están expuestos a lesión en el caso de heridas punzantes, pero en caso de fracturas de costillas pueden ser afectados. Por ello las punciones pleurales deben efectuarse en lo posible en la zona dorsal de la línea axilar en el 5.º-7.º espacio intercostal. El n.intercostal, no cubierto por la costilla, desvía casi siempre a la aguja. A causa de su trayecto relativamente largo, cercano a la pleura, antes de la entrada en la capa muscular puede ser objeto de irritación en caso de una pleuritis.

e) Fascia endotorácica y vasos torácicos internos

La **fascia endotorácica** es en su mayor parte una copa conjuntival laxa que reviste la pared de la cavidad pleural, exceptuando el mediastino (figs. **190, 204** y **215**). En el esternón y en la columna vertebral se continúa en el tejido conjuntivo del mediastino. Como fascia endotorácica se indica por tanto la capa conjuntival subserosa de la pleura parietal en la región de la pared torácica, de la cúpula pleural y del diafragma.
El tejido conjuntivo subseroso de la cúpula pleural está en conexión con el tejido conjuntivo del cuello, especialmente con la fascia profunda del cuello. Haces conjuntivales más o menos claramente delimitables (de la columna vertebral, de las fascias de los mm.escalenos, de la vaina vásculo-nerviosa del cuello, de las cercanías del esófago y de la tráquea), en ocasiones un haz tendinoso del m.escaleno anterior, penetran en este segmento de nominación especial de la fascia endotorácica, la *membrana suprapleural*, e intervienen en la contracción de la cúpula pleural frente a la tracción del pulmón.

La parte de la fascia endotorácica situada entre la pleura diafragmática y el diafragma se denomina *fascia frenicopleural.*

En la pared torácica se extiende la fascia endotorácica entre la pleura costal y las costillas, así como la fascia muscular de la musculatura intercostal, la "fascia torácica interna". Dorsalmente pasan por la fascia endotorácica los vasos intercostales y los nn.intercostales. En la parte ventral yacen en la zona craneal de la 3.ª costilla los vasos torácicos internos alojados en la fascia, antes de que sean empujados fuera de ella por el m.transverso torácico.
En una herida en la región paraesternal puede producirse una abertura de los vasos y la consecuente hemorragia en la cavidad pleural.

Vasos torácicos internos. La **a.torácica interna** (fig. **198**) se origina en el lado cóncavo de la a.subclavia, pasa –aproximadamente 1 cm por fuera del borde esternal– detrás de los cartílagos costales, pero delante de la pleura costal, en la fascia endotorácica hacia abajo, en la parte caudal con respecto a la 3.ª costilla tiene debajo el m.transverso torácico y, en el 6.º espacio intercostal, se divide en las dos ramas terminales, *a.musculofrénica* y *a.epigástrica* superior. La a.torácica emite a las vísceras:

– *rr.mediastínicas* al mediastino anterior y a la pleura mediastínica,
– *rr.tímicos* para el timo,
– *rr.bronquiales* para el hilio pulmonar (anastomosis con rr.bronquiales a partir de la aorta);

al diafragma:
– la *a.pericardiofrénica* (fig. **198**), que acompaña al nervio frénico al diafragma entre la pleura mediastínica y el pericardio y da ramas al pericardio;

a la pared torácica:

– *rr.esternales* al esternón y al m.transverso torácico (fig. **198**),
– *rr.perforantes* (figs. **198** y **214**), que en los 5 espacios intercostales superiores atraviesan la pared torácica y se ramifican en la cara anterior del esternón, en el m.pectoral mayor así como en la piel, y envían ramas mamarias a la glándula mamaria,

– *rr.intercostales anteriores* (fig. **198**) en los 5-6 espacios intercostales superiores, que anastomosan con las aa.intercostales posteriores y sus ramas colaterales (fig. **26**),

– la *rama costal externa* (variante frecuente), que abandona la a.torácica interna detrás del 1.er cartílago costal, en la cara posterior de la pared anterior del tórax discurre oblicuamente hacia abajo y se une con las arterias intercostales,

– la *a.musculofrénica* (fig. **198**), a la rama terminal externa, que discurre a lo largo de las muescas costales de origen del diafragma, envía *rr.intercostales* anteriores a los espacios intercostales inferiores y ramas al diafragma, así como a los orígenes de los músculos abdominales laterales;

a la pared abdominal:

– la *a.epigástrica superior* (figs. **190** y **198**), la rama terminal interna, que cerca de la hendidura de Larrey (pág. 557) abandona la cavidad torácica y en la vaina del recto se dirige hacia abajo.

La *a.epigástrica superior* anastomosa en el m.recto del abdomen con las ramas terminales de la a.epigástrica inferior (a partir de la a.iliaca externa) de modo que en la oclusión lenta de la aorta puede formarse una circulación colateral.

Las **vv.torácicas internas** corresponden en su trayecto a la a.torácica interna. Sus ramas son venas satélites de las ramas arteriales. En sentido

craneal respecto de la 3.ª costilla la vena torácica interna simple cursa internamente respecto de la arteria y desemboca en la vena braquiocefálica. Las vv.epigástricas superiores reciben las *vv.subcutáneas abdominales* (fig. **214**) de la piel del abdomen.

Clínicamente importante puede llegar a ser la anastomosis en la pared posterior del m.recto del abdomen, entre las vv.epigástricas inferiores, que desembocan en la v.ilíaca externa, y las vv.epigástricas superiores, que abocan a la vena torácica interna. En la obstrucción de la vena cava inferior a través de esta vía de rodeo, la sangre de la mitad inferior del cuerpo puede llegar a la vena cava superior.

2. Diafragma

El **diafragma** de configuración cupuliforme, constituye simultáneamente el suelo de la cavidad torácica y el techo de la cavidad abdominal. La pared

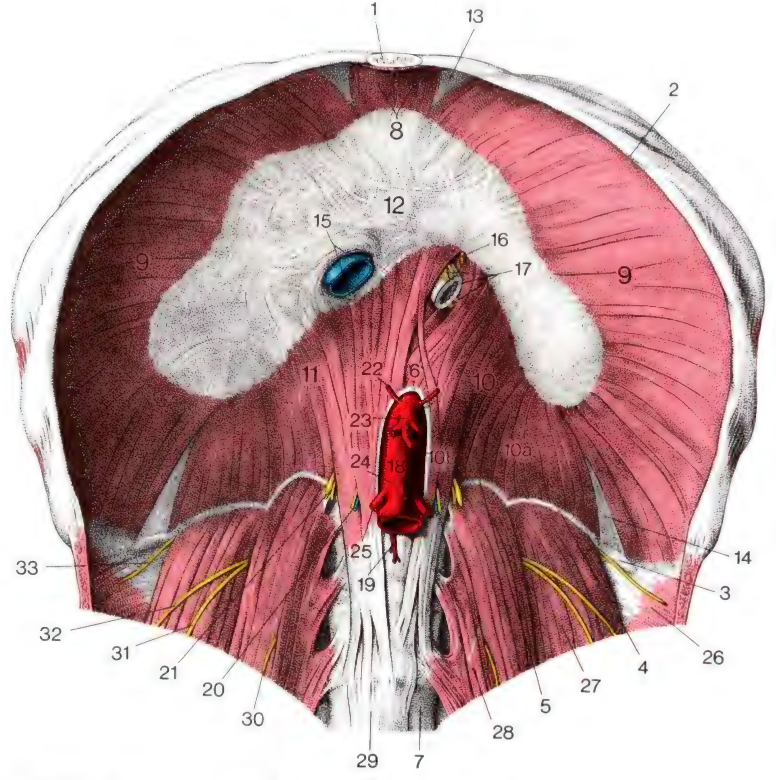


Fig. 205. **Diafragma,** vista de la superficie abdominal.

tabicaria cerrada, musculotendinosa, constituye una peculiaridad de los animales mamíferos. Se ha transformado en el músculo respiratorio más importante. El material muscular se deriva filogenéticamente del 3.er-5.º miótomo cervical y es inervado por el n.frénico a partir del plexo cervical ($C_{4\ [3\text{-}5]}$).

Origen muscular y centro tendinoso. El músculo se origina en forma de anillo en la abertura inferior del tórax (figs. **205** y **206**). Las fibras musculares se dirigen en forma de arco arriba y penetran en una placa tendinosa central, el *centro tendinoso.* La concavidad que se opone al espacio abdominal está dirigida hacia la parte ventrocaudal.

En el diafragma muscular se distingue: la *parte lumbar,* la *costal* y la *esternal.* La *parte lumbar* (figs. **205** y **206**) es la de desarrollo más potente. Consta de una rama derecha y una rama izquierda, *crus dextrum* y *crus sinistrum* en las que a su vez puede distinguirse una rama interna y otra externa.

La *rama interna* se origina de los cuerpos de la 1.ª-3.ª (a la derecha también de la 4.ª) vértebra lumbar. Con su borde interno las ramas internas de ambos lados limitan el *hiato aórtico,* que está rodeado por un arco tendinoso, *lig.arqueado medio* y de este modo en la contracción diafragmática no es estrechado, sino más bien ensanchado. Por el hiato pasa la aorta y detrás de la misma el conducto torácico. Cranealmente respecto del lugar de paso se separa de la rama derecha interna una rama casi siempre más fuerte, y de la rama izquierda un haz muscular algo más débil; ambos haces fibrosos se cruzan. En el marco limitante del *hiato esofágico* (fig. **206**), que, levemente desplazado de la línea media hacia la izquierda, está por encima del hiato aórtico, intervienen sin embargo pre-

---

◄ 1 Esternón (superficie de corte)
2 Arco costal
3 Costilla XII
4 Lig.arqueado externo
5 Lig.arqueado interno
6 Lig.arqueado medio
7 Vértebra lumbar IV
8-14 *Diafragma*
8 Parte esternal
9 Parte costal
10, 11 Parte lumbar
10 Pedúnculo izquierdo de la parte lumbar
10a Rama externa del pedúnculo izquierdo
10b Rama interna del pedúnculo izquierdo
11 Pedúnculo derecho de la parte lumbar
12 Centro tendinoso
13 Zona muscular débil entre la parte costal y la parte esternal (hendidura de Larrey)
14 Zona muscular débil entre la parte lumbar y la parte costal (triángulo de Bochdalek)
15 V.cava inferior y r.frenicoabdominal del *diafragma*
15 V.cava inferior y r.frenicoabdominal del n.frénico derecho en el orificio de la vena cava
16 R.frenicoabdominal del n.frénico izquierdo a través del hiato esofágico, la parte lumbar o el centro tendinoso
17 Esófago y troncos vagales anteriores y posteriores en el hiato esofágico
18 Aorta en el hiato aórtico
19 Conducto torácico en el hiato aórtico
20 V.ácigos y n.esplácnico mayor (casi siempre) por la rama interna
21 Tronco simpático y (casi siempre también el) n.esplácnico menor entre la rama interna y la externa
22-25 Ramas de la aorta abdominal
22 A.frénica inferior derecha
23 Tronco celíaco
24 A.mesentérica superior
25 A.renal derecha
26 M.transverso del abdomen
27 M.cuadrado lumbar
28 M.psoas mayor
29 Lig.longitudinal anterior
30 N.genitofemoral
31 N.ilioinguinal
32 N.iliohipogástrico
33 N.subcostal

dominantemente las fibras de la rama derecha y el fascículo fibroso por ella cruzado hacia la izquierda. Con el marco muscular del lugar de paso el esófago está unido de manera desplazable por tejido conjuntivo laxo. Las fibras musculares de las dos ramas internas diafragmáticas van al borde posterior del lóbulo medio del centro tendinoso.

El hiato esofágico, por el que pasa el esófago, así como el tronco anterior y posterior del n.vago, es estrechado en la contracción del diafragma. Una porción lateral estrecha de la rama interna del diafragma a nivel del 1.er-2.º cuerpo vertebral lumbar es delimitada por el paso del n.esplácnico mayor y de la vena ácigos o hemiácigos (fig. **205**). Antes fue denominada "crus intermedium".

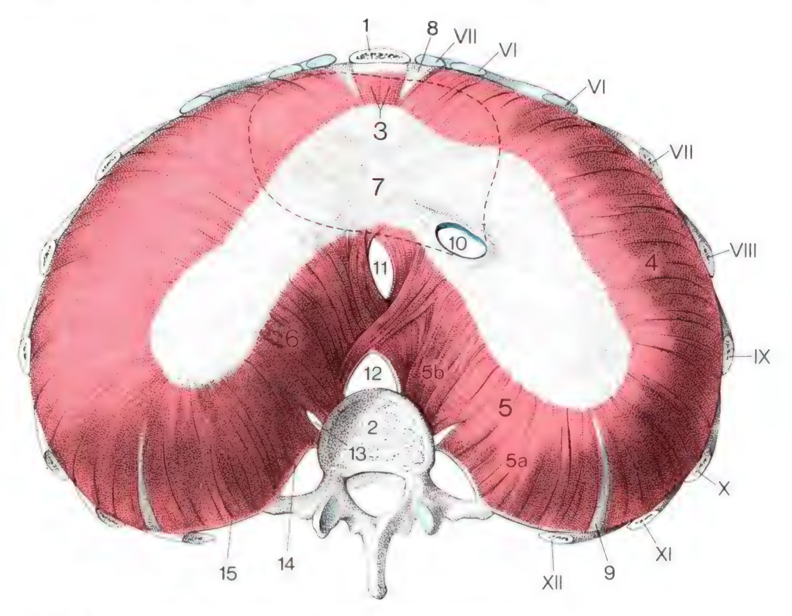


Fig. 206. **Diafragma**, vista de la superficie torácica (según PERNKOPF).
Límite de la cara de adherencia de diafragma y pericardio (– – –)

VII-XII Costillas cartilaginosas y óseas
VII-XII (Superficie de sección)
1 Esternón (superficie de corte)
2 Vértebra lumbar I
3-9 *Diafragma*
3 Parte esternal
4 Parte costal
5, 6 Parte lumbar
5 Pedúnculo derecho de la parte lumbar
5a Rama externa del pedúnculo derecho
5b Rama interna del pedúnculo derecho
6 Pedúnculo izquierdo de la parte lumbar
7 Centro tendinoso
8 Zona mucular débil entre la parte esternal y la costal (hendidura de Larrey)
9 Zona muscular débil entre la parte costal y la lumbar (triángulo de Bochladek)
10-13 *Lugares de paso del diafragma*
10 Orificio de la vena cava
11 Hiato esofágico
12 Hiato aórtico, enmarcado por el lig.arqueado mediano
13 Cisura entre la rama externa e interna del pedúnculo izquierdo para el paso del tronco simpático y el n.esplácnico menor
14 Lig.arqueado interno, por encima del m.psoas mayor
15 Lig.arqueado externo, por encima del m.cuadrado lumbar

La *rama externa* de la parte lumbar (figs. **205** y **206**) posee un origen bipartito. La porción interna procede de la cara lateral del 1.^{er} y 2.^{o} cuerpo vertebral lumbar y de un arco tendinoso que se dirige a la apófisis costal de la 2.^{a} vértebra lumbar, que pasa por encima del m.psoas, el *lig.arqueado interno (arcada del psoas)*. La porción externa parte del *lig. arqueado externo*, un arco tendinoso que se extiende desde la apófisis lateral de la 2.^{a} vértebra lumbar por el m.cuadrado lumbar hacia la 12.^{a} costilla *(arcada del cuadrado)*. Las fibras musculares de la rama externa, que al contrario que la rama interna es delgada y plana, discurren verticalmente hacia arriba al centro tendinoso.

A través de una hendidura entre la rama interna y externa pasa el cordón limitante conjuntamente con el n.esplácnico menor (figs. **205** y **206**) en el caso de que este nervio no acompañe al esplácnico mayor por el brazo interno.

La *parte costal* (figs. **190, 205** y **206**) se origina de un modo gradual de la cara interna de los cartílagos de las 6 costillas caudales, alternando con las muescas de origen del m.transverso del abdomen. Los haces musculares costales forman la parte primordial de la cúpula diafragmática muscular y se insertan en el borde anterior y lateral del centro tendinoso.

La *parte esternal* (figs. **205** y **206**) es estrecha y delgada. Sus fibras vienen de la cara dorsal de la apófisis mastoides, y algunas también de la aponeurosis del m.transverso del abdomen y se insertan en el borde anterior del lóbulo medio del tendón central.

El *centro tendinoso* (figs. **205** y **206**) visto desde la parte craneal tiene una forma de V. Un lóbulo medio menor está dirigido hacia la parte ventral, y un lóbulo lateral más extenso a cada lado hacia la parte dorsolateral. El lóbulo lateral derecho está interrumpido cerca de su base en el agujero de la vena cava a través del cual pasan la vena cava inferior y el ramo frenicoabdominal del n.frénico derecho. La hendidura, casi siempre ovalada transversa, está enmarcada por haces tendinosos no desplazables, los cuales fijan la pared vascular de manera que la luz vascular se mantenga constantemente abierta. El lóbulo medio del tendón central y el segmento basal de ambos lóbulos laterales están adheridos al pericardio. El agujero de la vena cava está incluido en la superficie de adherencia. El arco diafragmático está algo descendido en este lugar (silla de montar cardiaca), de manera que se puede distinguir una cúpula derecha y una izquierda. Debajo de la cúpula derecha que está 1/2 ó 1 espacio intercostal más arriba que la izquierda, está situado el hígado; debajo de la izquierda está el estómago.

La **posición del diafragma** es influida, aparte de la respiración, por la edad, el sexo y el tipo constitucional. Depende además de la posición corporal. En decúbito, las cúpulas diafragmáticas están en unos 2 cm más elevadas que en la posición de pie. En el niño pequeño la cúpula derecha se proyecta en la 8.^{a} ó 9.^{a} vértebra torácica; después del 7.^{o} año de vida

en la 9.ª-10.ª vértebra torácica. La cúpula izquierda se encuentra en una altura de media vértebra más profunda. En el hombre la excursión respiratoria de la cúpula diafragmática derecha puede llegar a ascender hasta la 8.ª vértebra torácica y descender hasta la 10.ª (11.ª). En la mujer el diafragma está situado casi siempre menos alto (a excepción de la altura durante el embarazo). Con la edad progresiva las cúpulas diafragmáticas descienden lentamente.

Referida al tórax, la cúpula diafragmática derecha, en el cadáver y en el ser vivo en la espiración profunda está a la altura del 4.º espacio intercostal, la izquierda a la altura del límite óseo-cartilaginoso de la 5.ª costilla (fig. **207**). La silla de montar cardíaca alcanza la altura de la parte media de la 10.ª vértebra torácica. En la contracción del diafragma, las cúpulas se aplanan y son descendidas notablemente. La cúpula derecha, en la ins-

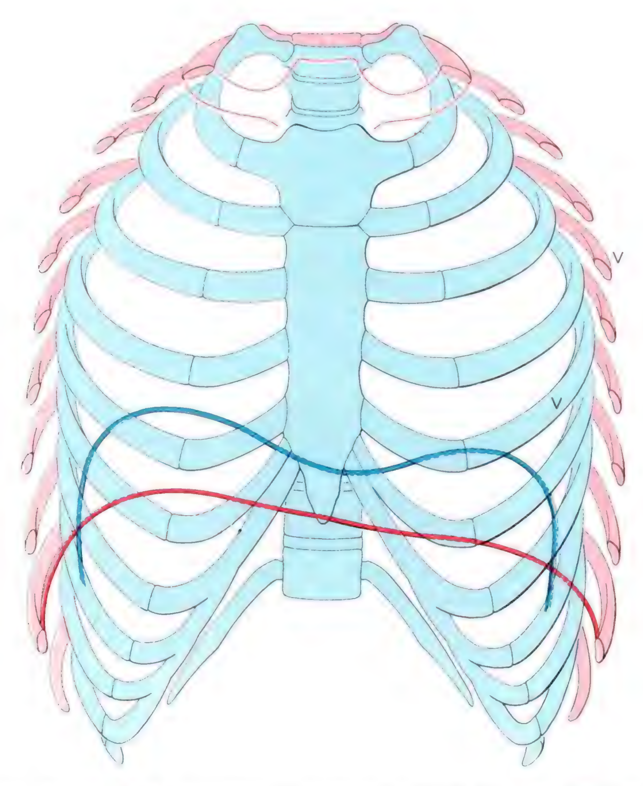


Fig. 207. **Situación de las costillas y del diafragma en la espiración ■ profunda y en la inspiración ■ profunda.**

piración profunda, puede llegar hasta la altura del borde superior de la 6.ª costilla (en el límite óseo-cartilaginoso); la cúpula izquierda es descendida hasta el 6.º espacio intercostal. La silla de montar cardíaca se encuentra entonces a la altura del borde inferior de la 11.ª vértebra torácica.

Dado que en la inspiración son simultáneamente elevadas las costillas y el vértice del apéndice xifoides asciende hasta la altura de la 10.ª vértebra torácica, en la inspiración profunda la silla cardíaca puede estar más profundamente que el origen de la parte esternal. En caso de contracción muscular máxima y elevación simultánea del tórax, las fibras de la porción esternal del diafragma deben según ello extenderse desde su origen hacia abajo a la silla cardíaca. El segmento anterior del centro tendinoso está entonces tan descendido que se encuentra por debajo del vértice de apéndice xifoides y desciende el corazón al espacio epigástrico. Responsable del doblamiento de la parte esternal en la inspiración más profunda es la tracción de las muescas musculares anteriores contraídas, cuyos arcos tendinosos musculares se aplanan de tal modo que, al igual que un lazo, traccionan hacia abajo la parte esternal y la parte ventral del tendón central. El fascículo de dirección dorsocaudal de la flecha lumbar aplana en conjunto la bóveda diafragmática.

Zonas musculares débiles del diafragma (figs. **205** y **206**). Entre la parte lumbar y la parte costal del diafragma queda con frecuencia una zona triangular sin músculo, el *triángulo de Bochdalek.* A él se adosa el polo superior del riñón. Un vacío muscular triangular similar entre la parte costal y la esternal es denominada *hendidura de Larrey.* En las dos regiones libres de músculo del diafragma la pleura y el peritoneo se encuentran en estrecha vecindad, de manera que los procesos patológicos pueden propagarse con facilidad entre ellos.

Comoquiera que el diafragma irrumpe relativamente lejos en la cavidad torácica, una herida perforante de la pared torácica (tiro o herida punzante) —ante todo si tiene lugar en la fase de espiración— puede, según la dirección del canal de la herida, afectar tanto a la cavidad pleural como a la abdominal y a los órganos allí situados.

Vascularización e inervación del diafragma. La *vascularización arterial* tiene lugar en la parte torácica del diafragma por mediación de la *a.pericardiofrénica* y la *a.musculofrénica* (ramas de la a.torácica interna, fig. **198**), así como las *aa.frénicas superiores* (pequeñas ramas de la aorta para la parte lumbar). En la cara abdominal se ramifican las *aa.frénicas inferiores,* que nacen de la aorta abdominal en el hiato aórtico (figs. **25** y **205**) y que anastomosan con ramas de las arterias intercostales y de la a.pericardiofrénica.

El *aflujo venoso* corre a cargo de las venas satélites de las arterias citadas. La salida de linfa tiene lugar hacia el tórax por los *ganglios linfáticos paraesternales* (a lo largo de los vasos torácicos internos) y de los *ganglios linfáticos mediastínicos posteriores* (alrededor de la aorta torácica y el esófago), en la zona abdominal a los ganglios linfáticos celíacos y lumbares (en la raíz del tronco celiaco y delante o junto a la aorta abdominal y la vena cava inferior). Sin embargo, el diafragma no constituye propiamente una vaina linfática; la linfa del fondo gástrico y de la superficie diafragmática del hígado llega a los ganglios linfáticos mediastínicos (las metástasis cancerosas pueden seguir esta vía).

Inervación. El diafragma está inervado por el *n.frénico* predominantemente motor. El n.frénico derecho alcanza el diafragma en el orificio de la vena cava, el izquierdo detrás de la punta cardíaca. Fibras sensitivas pasan como *rr.frenicoabdominales* a la derecha a través del orificio de la vena cava, a la izquierda por el hiato esofágico, la parte lumbar o el centro tendinoso (fig. **205**). Se extienden en el peritoneo hasta la vesícula biliar y hasta el páncreas (en enfermedades hepáticas y de la vesícula biliar los dolores pueden irradiar al hombro derecho, en enfermedades del páncreas al hombro izquierdo).

Hernias diafragmáticas. Teniendo en cuenta la complicada ontogénesis del diafragma (con aportaciones de material del tabique transverso, de los pliegues pleuroperitoneales, del mesenterio del esófago y de la pared torácica (→ tomo 4: Embriología; diafragma), es comprensible que puedan presentarse defectos connatales del diafragma (ante todo en la zona del triángulo de Bochdalek, más frecuente a la izquierda que a la derecha). Si en una zona circunscrita no se produce la muscularización del diafragma, se pueden presentar hernias diafragmáticas connatales que casi nunca son identificables hasta años después del nacimiento (tomo 4: Embriología; hernia diafragmática). Las hernias diafragmáticas adquiridas, no traumáticas, se presentan en la zona del hiato esofágico. Las rupturas diafragmáticas (hernias diafragmáticas traumáticas) tienen lugar por la acción violenta directa (p. ej. una puñalada) o como consecuencia de lesiones sordas del abdomen.

En todos estos casos las vísceras abdominales pueden desplazarse a la cavidad torácica. En las hernias el saco herniario consta de una delgada membrana formada por el peritoneo y la pleura. Los pulmones pueden ser comprimidos, el mediastino y el corazón pueden estar desplazados, de manera que puede producirse un grave o mortal obstáculo de la respiración y la circulación. En las hernias del hiato esofágico el diafragma puede estar incluido en la cavidad torácica como una tienda de campaña. El segmento craneal del estómago yace en la cavidad torácica. El estómago, en la zona de paso, está estrangulado por el diafragma (hernia acompañante). En las hernias paraesofágicas, la entrada gástrica permanece en la localización típica. La cúpula gástrica penetra junto con el esófago en la cavidad torácica.

3. Mecánica respiratoria

Se distingue una *respiración abdominal* y una *respiración torácica*, las cuales están combinadas entre sí: *respiración mixta*. Unicamente en el niño pequeño predomina la *respiración abdominal*; hasta el 3.er año de vida es incluso el tipo respiratorio exclusivo. Durante el embarazo ocupa el primer término la *respiración costal*.

En la *respiración abdominal*, la cavidad torácica, debido a la contracción del diafragma, es alargada hacia abajo (fig. **207**). Después de finalizar la contracción muscular, el diafragma se relaja y aumenta de altura; pues los

pulmones, cuyos elementos elásticos fueron distendidos en la inspiración, ejercen una tracción y las vísceras abdominales, a consecuencia de la tensión, comprimen la musculatura abdominal desde abajo.
En la *respiración torácica*, las costillas son elevadas y la cavidad torácica no sólo es aumentada en dirección craneocaudal sino también en dirección sagital y frontal (fig. **207**). Como inspiratorios actúan en caso de respiración ante todo los mm.escalenos y además los músculos intercostales externos y los mm.intercartilaginosos de los espacios intercostales superiores, así como el m.serrato posterior superior. En la inspiración profunda intervienen también los músculos intercostales caudales externos. En caso de respiración forzada, se añaden además el m.esternocleidomastoideo y —en caso de extremidad superior fija— también el m.serrato anterior y los mm.pectorales como músculos respiratorios auxiliares. Si se tornan fláccidos los músculos citados al final de la fase de inspiración, entonces el tórax intenta restituir la deformación forzada en la dilatación y fomenta una posición media entre elevación extrema y descenso extremo (situación de equilibrio). Más allá de esta posición los mm.intercostales internos y el m.transverso torácico provocan un ulterior descenso de las costillas que puede ser reforzado por una contracción de la musculatura abdominal.

En la espiración a sacudidas con la glotis cerrada, al hablar, cantar, toser y estornudar (la glotis inicialmente cerrada es súbitamente abierta), los músculos abdominales desempeñan un importante papel.

Una *parálisis de los músculos intercostales* no influye notablemente en la respiración tranquila. Por el contrario, la succión (parálisis de los mm.intercostales externos) y la acción de soplar (parálisis de los mm.intercostales internos) son dificultados.

La dilatación de la cavidad torácica en la respiración costal es posibilitada por la forma de las costillas, su posición y la modalidad de su conexión con la columna vertebral y el esternón. Mediante la posición oblicua de las costillas con respecto a la vertical, el vértice en la elevación de las mismas es dirigido hacia arriba y adelante. La ganancia de espacio en sentido sagital es tanto mayor cuanto más larga es la costilla y cuanto más oblicua sea su situación en la posición inicial. Comoquiera que el cuello costal, en torno a cuyo eje longitudinal tiene lugar el movimiento de giro (a partir de la 7.ª costilla es un movimiento de deslizamiento), desde la 2.ª costilla está situado oblicuamente con respecto al plano medio. En la elevación de la costilla el vértice costal debe también ser llevado hacia el lado. El aumento de la cavidad torácica hacia fuera es ante todo manifiesto en las costillas medias e inferiores. El esternón, con el que están unidas las costillas esternales —e indirectamente también la 8.ª-10 costilla—, en la elevación costal es desviado en sentido craneal y ventral, con lo que es equilibrado el ángulo esternal. El esternón coordina en cierto modo el movimiento de las costillas óseas, cuyos vértices —en caso de terminación libre— debido a la distinta longitud de las costillas y de la desigual oblicuidad del cuello costal son conducidos en diversas posiciones.

Esta compensación de los movimientos divergentes de los extremos óseos costales se hace posible por la deformabilidad del cartílago costal. El ángulo cartilaginoso costal es con ello agrandado, el cartílago costal es objeto de torsión y en las articulaciones costoesternales tiene lugar un movimiento de giro. A causa de estas modificaciones inspiratorias se producen tensiones en el esqueleto torácico y en el aparato ligamentoso. Ellas constituyen la causa esencial de que el tórax —después del relajamiento de los músculos activos en la inspiración— para el equilibrio de estas fuerzas recurre a su modalidad de equilibrio y —inicialmente también sin actividad muscular— tiene lugar un descenso de las costillas.

La dilatación inspiratoria del tórax se acompaña de una extensión de la columna vertebral, la espiración va acompañada de una flexión. Estos movimientos tienen lugar de modo reflejo pero pueden ser modificados voluntariamente.

4. Pared abdominal

En la pared abdominal se puede distinguir (de fuera a dentro):
- una *capa superficial,* constituida por la piel, subcutis (en parte con notable depósito adiposo) y la "fascia abdominal superficial" (como parte de la fascia corporal general),
- una *capa media,* que consta de placas tendinoso-musculares deformables que están tensadas en el marco formado por el borde anterior del tórax y el superior de la pelvis, la fascia abdominal interna, *fascia transversal,* que limita la capa media en la profundidad, y la columna vertebral lumbar (como único sostén esquelético de la pared abdominal), así como
- una *capa profunda,* formada por una zona de tejido conjuntivo subseroso a trechos muy potente y por el peritoneo parietal, la capa limitante de la cavidad peritoneal.

Al contrario que en la pared torácica, que por medio del tórax óseo recibe una forma fija determinada por el esqueleto, la pared abdominal obtiene sus peculiaridades estructurales típicas y funcionales predominantemente a partir de la capa media músculo-tendinosa (pared abdominal en sí). Es capaz por una parte de adaptarse al estado variable de repleción del espacio abdominal, y por otra parte puede ejercer una presión sobre el contenido abdominal. La musculatura abdominal interviene en la espiración y desempeña además un importante papel como motor de los movimientos del tronco. Con excepción de la extensión de la columna vertebral, en la que sólo interviene pasivamente, realiza —conjuntamente con los músculos del m.erector de la columna— todos los movimientos de la columna vertebral dorsal y lumbar.

a) Fascias abdominales

La **fascia abdominal superficial** (figs. **208** y **211**) reviste la placa músculo-tendinosa del m.abdominal oblicuo externo. Por la parte craneal se conti-

núa en la fascia pectoral, en la parte caudal, en el muslo, en la fascia lata. En la región de la línea alba, la fascia abdominal superficial está firmemente unida con la aponeurosis del externo, en el surco inguinal con el ligamento inguinal.
En el anillo inguinal externo se continúa la fascia en el cordón espermático y forma con la aponeurosis del m.oblicuo externo del abdomen una envoltura situada superficialmente y constituida por la fascia cremastérica y el m.cremáster (fig. **211**).
La delimitación craneal externa del anillo inguinal externo tiene lugar por haces de fibras colágenas de la fascia abdominal superficial, las *fibras intercrurales,* que en extensión variable se dirige oblicua y superficialmente a la aponeurosis por el extremo externo agudo de la hendidura aponeurótica (figs. **128** y **209**).

La continuación caudal de la "fascia abdominal superficial", rica en redes elásticas, se denomina *lig.fundiforme del pene* (fig. 128). Procede de la parte craneal de la sínfisis de la fascia abdominal superficial, rodea —situada superficialmente con respecto al lig.suspensorio del pene— con dos ramas el cuerpo cavernoso por los dos lados y penetra en el escroto.

La **fascia abdominal interna,** *fascia transversal* (figs. **190, 205, 208** y **211**) reviste en la cara interna la pared musculosa y aponeurótica de la cavidad abdominal, así como la cara abdominal del diafragma. Está reforzada en la región umbilical, "fascia umbilical", y en sentido dorsal se continúa como capa delgada de fascia con el m.cuadrado lumbar. En el borde interno de este músculo está en conexión con la fascia del psoas. Caudalmente la fascia transversal está adherida al lig.inguinal donde pasa a la fascia ilíaca. Por encima del lig.inguinal, en el borde interno del anillo inguinal interno, la fascia abdominal interna es reforzada por haces longitudinales, el *lig. interfoveolar.* En el anillo inguinal interno se abre la fascia por el conducto inguinal (fig. **210**) y como *fascia espermática interna* envuelve el cordón espermático, el epidídimo y el testículo (figs. **209** y **211**).
La fascia transversal está unida firmemente y de manera no desplazable con el tejido conjuntivo subseroso del peritoneo. Por ello permanece debajo de la línea arqueada dorsal del m.recto del abdomen y no va con la aponeurosis del m.transverso del abdomen a la lámina ventral de la vaina del recto.

b) Disposición e inervación de la musculatura abdominal

La **musculatura abdominal** consta de los músculos abdominales *laterales* (anchos) y los *anteriores* (rectos), así como de los *profundos* (posteriores) (m.cuadrado lumbar). Constituye una parte de la musculatura ventral del tronco. La distribución metamérica ya la ha perdido.
La *inervación* tiene lugar por rr.ventrales de los nn.torácicos 5-12 y los nn.lumbares 1 y 2.

En la descripción de los músculos, los nervios segmentarios inervantes se indican entre paréntesis después de la mención del músculo.

Los músculos abdominales, anchos y planos, se transforman en la cara ventral en placas tendinosas de gran superficie, aponeurosis, cuyas fibras se enlazan en la línea mediana y se unen con fibras del lado opuesto. Así se origina un ligamento longitudinal mediano que va desde el apéndice xifoides a la sínfisis, la *línea alba* (figs. **124, 190, 202** y **208-210**). En su segmento caudal en la cara dorsal es reforzada por un ligamento triangular, *adminiculum lineae albae* (fig. **211**) que está adherido al borde superior de la sínfisis del pubis.

La línea alba consta de fibras colágenas cruzadas, y en el segmento craneal y caudal adicionalmente de fibras de curso longitudinal. En la región umbilical muestra un orificio circular, el anillo umbilical (fig. **208**), cuyo borde está reforzado por haces fibrosos circulares.

Músculos laterales del abdomen

Los músculos laterales del abdomen y sus extensas aponeurosis están superpuestas en tres capas. De fuera hacia dentro: el m.oblicuo externo del abdomen, el m.oblicuo interno abdominal y el m.transverso del abdomen.

El **m.oblicuo externo del abdomen** (D_5-D_{12}) es el más extenso de los tres anchos músculos abdominales (figs. **190** y **210**). Su origen musculoso se encuentra en la cara externa de las 8 costillas caudales con muescas que parcialmente se superponen y que en la parte craneal alternan con las muescas de origen del m.serrato anterior y en la caudal con las del m.dorsal ancho (fig.**202**). El músculo se inserta en la cresta ilíaca, en el lig.inguinal, en el pubis y en la línea alba.

Los haces fibrosos musculares cursan ligeramente divergentes de detrás, arriba, hacia adelante, abajo (como las fibras de los mm.intercostales externos). El primer fascículo va sólo un poco oblicuo; el más caudal, por el contrario, va verticalmente hacia abajo. La transición con la placa tendinosa tiene lugar paralelamente al borde externo del recto en una línea bastante recta, que se desvía algo cranealmente respecto de la espina ilíaca anterosuperior y forma un ángulo recto o agudo con el borde superior de la cresta ilíaca, de manera que se origina una *"esquina muscular"* a menudo reconocible a través de la piel (figs. **205** y **215,** en antiguas esculturas casi siempre claramente destacada).
Los haces dorsocaudales del m.oblicuo externo abdominal se insertan en el labio externo de los dos tercios ventrales de la cresta ilíaca. Se arquean siempre y cuando el músculo no esté tensado, por encima de la cresta ilíaca, cubriendo así el borde superior de la pelvis y forman una eminencia inguinal (fig. **215**).

En la mayoría de individuos, en la mujer con mayor frecuencia que en el hombre, el m.dorsal ancho no sigue inmediatamente al m.oblicuo externo del abdomen. Entre el borde anterior y el posterior de los dos músculos existe una zona triangular limitada en la parte caudal por la cresta ilíaca, el *trígono lumbar,* en el que la pared abdominal muscular está formada únicamente por el m.oblicuo interno y el m.transverso del abdomen. Aquí pueden abrirse los abscesos al exterior que proceden de la columna verte-

bral y se han propagado a lo largo de la cresta ilíaca; en casos raros pueden también producirse hernias lumbares (inferiores).

El **m.oblicuo interno del abdomen** (T_{10}-L_2) se origina de la fascia toracolumbar, de la línea intermedia de la cresta ilíaca y de la mitad externa del lig.inguinal (fig.**202**). Sus fibras discurren en compartimientos –en parte perpendicularmente con respecto a los haces musculares del m.oblicuo externo abdominal– hasta su inserción en el borde inferior del tórax (12.ª-10.ª [9.ª] costilla) y hasta una placa tendinosa ventral que corta el m.recto. En la línea alba se entrelazan las fibras tendinosas del m.oblicuo externo del abdomen (figs. **190** y **208**) y se continúan en la aponeurosis del externo del lado opuesto. Así se origina una continua tracción oblicua musculotendinosa de la pared abdominal, que enlaza los músculos oblicuos de ambos lados del cuerpo en una acción unitaria.

Los fascículos fibrosos dorsales del m.oblicuo abdominal interno ascienden verticalmente hacia arriba y se insertan en el borde inferior de los cartílagos costales XII-X(IX). Se continúan en dirección craneal y sin un límite claro en los mm.intercostales internos. Cuanto más lejos ventralmente está el origen de las fibras musculares del m.oblicuo interno en la cresta ilíaca, tanto menor es su ascenso. Los haces de fibras de la espina ilíaca anterosuperior son casi horizontales, a partir del ligamento inguinal se dirigen oblicuamente hacia abajo (fig. **209**). En la zona caudal la delimitación del m.oblicuo interno del m.transverso abdominal sólo es posible con dificultad, ya que la zona de tejido conjuntivo por la que discurren los nervios y que en la parte craneal separa las dos placas musculares, termina a la altura de la espina ilíaca anterosuperior, y el r.cutáneo anterior del n.iliohipogástrico y el n.ilioinguinal pasan a través de la cara ventral del m.oblicuo abdominal interno.

El m.oblicuo interno y el m.transverso del abdomen ceden haces de fibras que en el hombre acompañan el cordón espermático como *músculo cremáster* y rodean al testículo a modo de cesta (figs. **209** y **211**). El músculo es capaz de ascender algo el testículo en el escroto. En la mujer, las fibras musculares correspondientes discurren con el lig.redondo del útero al anillo inguinal externo.

Inervación del m.cremáster: R.genital del n.genitofemoral.

El **m.transverso del abdomen** ($T_{[5]7}$-L_2) se une hacia la parte caudal al músculo transverso torácico. Se origina de la cara interna del cartílago de las costillas VII (VI, V) hasta XII, de las apófisis costales de las vértebras lumbares (a través de la hoja profunda de la fascia toracolumbar), del labio interno de la cresta ilíaca y del segmento externo del lig.inguinal (fig. **202**). Sus fibras discurren casi horizontalmente –perpendicularmente al m.recto del abdomen– y pasan en una línea semilunar convexa externamente, la *línea semilunar,* a la aponeurosis (fig. **210**).

La aponeurosis del transverso interviene en la formación de la vaina del recto (figs. **190** y **208**). Sus fibras están en unión interna en la línea alba con las fibras del m.oblicuo interno abdominal.

Músculos anteriores del abdomen

El **m.recto del abdomen** (T_7-T_{12}) se extiende como cinta muscular relativamente estrecha a ambos lados de la línea media anterior desde los extremos esternales de la 5.ª hasta la 7.ª costilla, frecuentemente también del apéndice xifoides, al borde superior del pubis y se inserta entre la sínfisis y la tuberosidad púbica (figs. **202** y **210**). Del tendón de inserción redondo aplanado del músculo penetran fibras que cruzan la línea media en el *lig.suspensor del pene* o del *clítoris*, que como continuación de la línea alba va desde la sínfisis a la cara dorsal del pene o del clítoris.

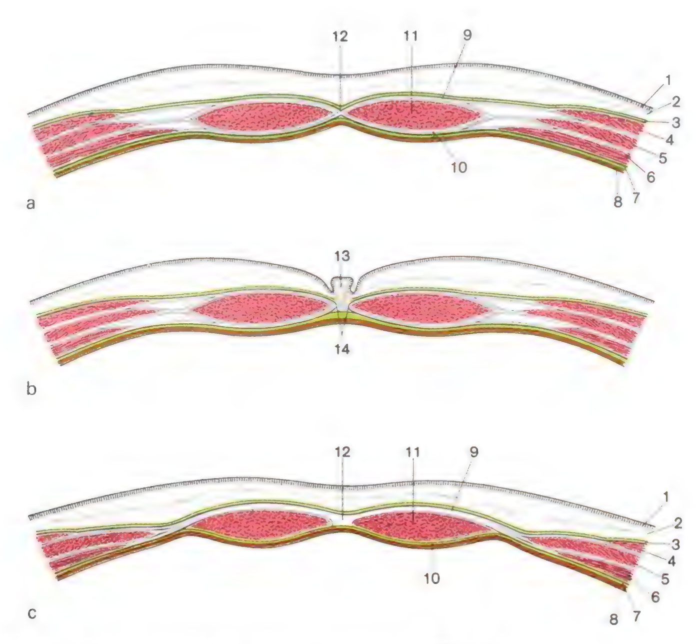


Fig. 208. **Corte transversal esquemático a través de la pared abdominal anterior.**
Vaina del recto
a craneal con respecto al ombligo
b a la altura del ombligo
c caudalmente a la línea innominada

1 Cutis
2 Tela subcutánea
3 Fascia abdominal superficial
4 M.oblicuo externo del abdomen
5 M.oblicuo interno del abdomen
6 M.transverso del abdomen
7 Fascia transversal
8 Peritoneo

9 Lámina anterior } de la vaina del m.recto del abdomen
10 Lámina posterior } de la vaina del m.recto del abdomen
11 M.recto del abdomen
12 Línea alba
13 Papila umbilical
14 Anillo umbilical

El m.recto del abdomen está dividido en 4-5 vientres musculares por medio de 3-4 *intersecciones tendinosas* (fig. **202**) que, escalonadas de manera irregular, discurren horizontalmente y no siempre atraviesan todo el espesor del músculo. Los distintos vientres musculares pueden contraerse aisladamente sin que el efecto de contracción sea contrarrestado por una distensión de los segmentos vecinos.

Dos de estas intersecciones están por encima del ombligo, una a nivel del ombligo, la inconstante 4 intersección tendinosa está a nivel de la línea innominada. La división del músculo constituye una seudometamería, ya que cada vientre muscular recibe material de diversos miótomos.

Ventralmente las intersecciones tendinosas están fusionadas con la hoja anterior de la vaina del recto, por dentro lo están con la línea alba. Por ello, por ejemplo en la inclinacion lateral del tronco el músculo no puede alejarse de su situación paramediana. Mediante la fusión pueden ser desviadas las fuerzas de tracción dirigidas oblicuamente en la dirección del m.recto.

El **m.piramidal** (T_{12}) es un pequeño músculo variablemente desarrollado que falta aproximadamente en el 20 % de los casos. Se extiende entre las aponeurosis de los dos músculos abdominales oblicuos o en la vaina del recto desde la sínfisis hasta la línea alba la cual puede tensar (fig. **202**).

La **vaina del recto,** *vaina del m.recto del abdomen,* constituye un departamento muscular a través de la cual el m.recto está fijado en su situación y es guiado en su contracción (figs. **190** y **208**). Consta de una *lámina anterior* y otra *posterior.*
La lámina anterior es tendinosa pura. Está formada por la aponeurosis del externo, la lámina ventral de la aponeurosis del interno y, por debajo del ombligo (exactamente por debajo de la línea innominada), también por el segmento caudal de la aponeurosis del transverso, que se fusionan entre sí (figs. **209** y **211**). La lámina aponeurótica dorsal del m.oblicuo interno del abdomen y los dos tercios craneales del m.transverso del abdomen forman conjuntamente con la fascia transversal la lámina posterior de la vaina del recto. Por debajo del ombligo la lámina dorsal de la aponeurosis del interno termina en una línea arqueada delimitada más o menos claramente, la *línea innominada* (figs. **124** y **210**). La aponeurosis del m.transverso del abdomen se anexiona en la zona caudal de la misma a la lámina anterior de la vaina del recto, de manera que en el tercio caudal la pared posterior de la vaina del recto sólo está formada por la fascia transversal.

Músculo profundo (posterior) del abdomen

El **m.cuadrado lumbar** (T_{12}-$L_{1\ 3}$) se extiende externamente a la columna vertebral lumbar entre la cresta ilíaca (labio interno) y la 12.ª costilla (figs. **190, 202** y **205**). En la parte dorsal está cubierto por la lámina profunda de la fascia toracolumbar, en su cara anterior por una continuación de la fascia transversal.

Las fibras ventrales del músculo van desde la cresta ilíaca a la 12.ª costilla (fig. **205**). Los haces de fibras de la porción dorsal, además de en la 12.ª costilla se

insertan también en las apófisis costales de las primeras cuatro vértebras lumbares. Fibras intermediarias van desde las apófisis costales a la 12.ª costilla.

c) Estática y dinámica de la pared abdominal

Las fibras tendinosas de los músculos abdominales anchos se entrelazan en la línea alba y se continúan en las aponeurosis de los músculos del lado contralateral. Así se origina un cinturón transverso (m.transverso del abdomen) y un cinturón oblicuo (mm.oblicuos del abdomen). El m.recto del abdomen tensa la pared anterior, el m.cuadrado lumbar la pared posterior del abdomen. La envoltura del m.recto abdominal por la vaina del recto, formada por las aponeurosis de los anchos músculos abdominales, sitúa al m.recto en íntima relación funcional con estos músculos.

La *musculatura abdominal* puede

– *actuar sobre el contenido abdominal,*
– *participar en la espiración* (descenso del tórax, elevación del diafragma mediante presión sobre el contenido abdominal), y
– *llevar a cabo movimientos del tronco.*

El tono de la musculatura abdominal determina la tensión de las cubiertas abdominales. Es regulado por vía refleja y adaptado a las influencias externas e internas (posición corporal, estado de repleción del tubo intestinal, etc.).

La contracción del *m.transverso del abdomen* origina una *constricción de las vísceras abdominales.* Mediante la contracción adicional de los restantes músculos abdominales (así como del diafragma y de la musculatura del suelo de la pelvis) asciende la tensión intraabdominal: prensa abdominal (vaciamiento del intestino, de la vejiga urinaria; expulsión del feto en el parto; espiración intensificada o dificultada, ataque de tos).

La contracción de los dos *mm.rectos* (conjuntamente con la tensión de los mm.oblicuos de ambos lados) facilita una *inclinación hacia adelante del tronco* incluso contra una resistencia, o en decúbito, con la parte superior del cuerpo fija, una elevación del borde pélvico anterior.

Los *músculos abdominales rectos y oblicuos* del mismo lado pueden, conjuntamente con el *m.cuadrado lumbar,* realizar una *inclinación lateral del tronco.* En el *movimiento de giro* actúan conjuntamente el m.oblicuo externo del abdomen de un lado y el m. oblicuo abdominal interno del otro lado (con la musculatura dorsal autóctona).

El m.cuadrado lumbar puede traccionar la 12.ª costilla hacia abajo.

d) Zonas débiles de la pared abdominal

La constitución de la pared abdominal a partir de placas deformables músculo-tendinosas crea la condición previa para la multiplicidad de funciones de la musculatura abdominal pero, sin embargo, permite en un grado muy limitado el apoyo de la pared abdominal por elementos esqueléticos. A las aponeurosis extensas en la zona de la línea alba, que cranealmente con respecto al ombligo es de unos 2,5 cm de ancho, y en una fran-

ja situada externamente al m.recto del abdomen le falta además una cubierta muscular. En el ombligo, la zona de paso de los vasos embrionarios umbilicales rodeada por el anillo umbilical está rellenada por un tapón conjuntival, la *papila umbilical* (fig. **208**), las formaciones que constituyen el contenido del conducto inguinal atraviesan la pared abdominal. Por debajo del ligamento inguinal los vasos femorales pasan por la laguna vascular, cuyo segmento interno en parte sólo es cerrado por láminas de fascia (fascia transversal, fascia ilíaca, anillo femoral).

Segmentos de la pared abdominal en los que el fundamento estructural está constituido únicamente por aponeurosis, fascias u otros componentes conjuntivales, ante todo orificios de cierre defectuoso desde el punto de vista mecánico, son zonas débiles, *lugares de menor resistencia,* en los que a consecuencia de un desarrollo embrionario defectuoso o/y a causa de un ascenso agudo o crónico de la tensión intraabdominal pueden producirse *hernias.* Las zonas especialmente afectadas son el segmento craneal de la línea alba, el ombligo y la región del conducto inguinal y el conducto crural.
Se denomina *hernia externa* una evaginación de vísceras (o partes de vísceras) a través de un hueco de la pared abdominal, la *puerta herniaria,* en un espacio cavitario originado patológicamente, el *saco herniario,* que está revestido por peritoneo parietal. El aumento intraabdominal de tensión puede ser debido a diversas causas (p. ej. tos crónica, estreñimiento crónico, trabajo corporal pesado, el tocar un instrumento de viento). La presentación de una hernia es favorecida por la debilitación de la pared abdominal (p. ej. diastasis de los mm.rectos después de varios embarazos, cicatrices postoperatorias).

Hernia epigástrica. En la hernia epigástrica el saco herniario se origina en el segmento craneal de la línea alba (p. ej. en una diastasis de rectos o un defecto de la línea alba).
Hernia umbilical. En la hernia umbilical connatal (tomo 4: Embriología; hernia umbilical connatal) el orificio umbilical fisiológico no ha involucionado totalmente. El saco herniario delgado consta de peritoneo y amnion. La hernia umbilical adquirida del recién nacido se origina antes de que se haya formado el muñón umbilical y antes de que se haya cerrado la herida umbilical. Por ello el caso herniario consta de peritoneo y tejido conjuntivo laxo, pero carece de revestimiento cutáneo. En ambas formas de hernia umbilical existe el peligro de una peritonitis. En la lactancia, cuando se produce un aumento de la tensión intraabdominal puede ceder el muñón umbilical aún blando (llanto persistente) y presentarse un saco herniario revestido de piel. La hernia umbilical adquirida del adulto se observa ante todo en las mujeres en las que después de múltiples embarazos se ha dilatado el anillo umbilical. El anillo umbilical es puerta herniaria en todas las formas de hernias umbilicales.

e) Orificios herniarios en la región inguinal

El *lig. inguinal* va desde la espina ilíaca anterior a la tuberosidad del pubis y forma el límite caudal de la pared abdominal ventral (figs. **118, 128, 133, 209** y **210**).

El lig.inguinal no es ningún ligamento tipico de constitución unitaria. La parte externa de las franjas conjuntivales en forma de arco no es en realidad otra cosa que un fasciculo rígido, fortalecido, de la *fascia ilíaca*, que encierra al m.psoas iliaco (fig. **210**). La rama interna doblada del ligamento inguinal está formada por el borde caudal de la aponeurosis del m.oblicuo externo abdominal. Los haces fibrosos del segmento parcial externo se continúan en parte en el segmento interno, en parte se separan como *arco iliopectíneo* del lig.inguinal y limitan la laguna muscular (fig. **128**).

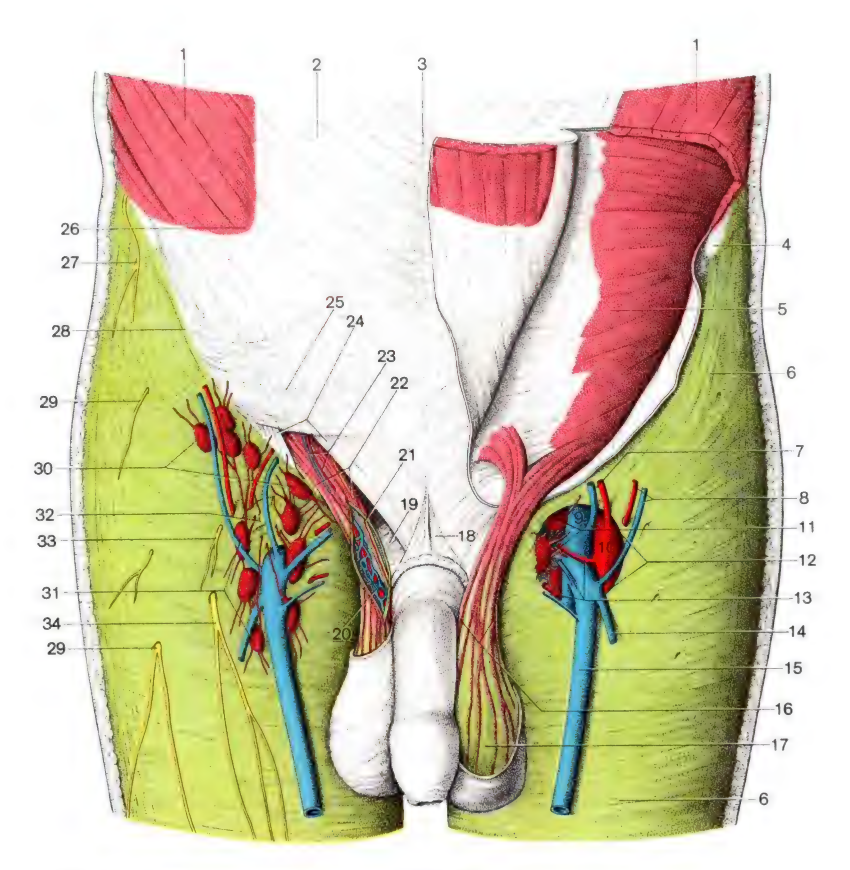


Fig. 209. **Pared abdominal anterior,** vista ventral.
Región inguinal y hiato safeno
(Han sido separadas la fascia abdominal superficial y la fascia cremastérica). A la derecha, cordón espermático abierto; a la izquierda, m.oblicuo abdominal externo seccionado y doblado hacia dentro, fascia cribosa preparada anatómicamente y ganglios linfáticos inguinales profundos representados

Con la cara externa del ligamento inguinal está unida la fascia abdominal superficial que hacia la parte caudal se transforma en la fascia lata del muslo. En la cara interna del lig.inguinal está adherida la fascia transversal.

Conducto inguinal

Por encima del ligamento inguinal la pared abdominal anterior está atravesada por el **conducto inguinal** (fig. **211**). Discurre oblicuamente desde la parte dorsal, lateral y craneal hacia la ventral, interna y caudal, y alcanza así una longitud de 40 mm y más, aunque la pared abdominal aquí sólo tiene un grosor de 6-8 mm. El conducto inguinal recibe su luz una vez se ha extraído su contenido, es decir, cuando en el hombre se ha preparado anatómicamente el cordón espermático, o en la mujer se ha preparado el lig.redondo del útero.

El *cordón espermático* (fig. **211**) contiene –envuelto en el m.cremáster y la fascia espermática interna (fig. **210**), un embudo fascial de la fascia transversal– el conducto deferente y la arteria del conducto deferente que le acompaña, la a.testicular, el plexo pampiniforme y el plexo nervioso vegetativo del plexo testicular (figs. **128** y **209**).

El *suelo del conducto inguinal* está formado por el lig.inguinal y el *lig.reflejo* (figs. **128** y **209**). Se origina de las fibras caudales de la aponeurosis del m.oblicuo externo del abdomen (brazo externo), que a la altura del lig.inguinal giran hacia dentro y detrás del segmento interno del lig.inguinal se dirigen hacia la línea alba y el hueso pubis (detrás de la tuberosidad púbica). Así se origina un surco que se dirige hacia dentro y abajo, que aloja el cordón espermático.

◄ 1 M.oblicuo abdominal externo
2 Lámina anterior de la vaina del m.recto del abdomen
3 Línea alba
4 Espina ilíaca anterosuperior
5 M.oblicuo abdominal interno
6 Fascia lata
7 A. y v.epigástrica superficial
8 A. y v.circunfleja ilíaca superficial
9 V.femoral
10 A.femoral
11 Ganglios linfáticos inguinales profundos
12 Cresta falciforme, borde en forma de arco del hiato safeno
13 Aa. y vv.pudendas externas
14 V.safena accesoria
15 V.safena mayor
16 M.cremáster
17 Fascia espermática interna
18 Adminiculum de la línea alba
19 Lig.reflejo
20. A.testicular y plexo pampiniforme
21 Conducto deferente y arteria del conducto deferente
22 R.genital del n.genitofemoral (interno) y n.ilioinguinal (por fuera del cordón espermático)
23 A. y v.cremastérica
24 Pedúnculo interno y pedúnculo externo de la aponeurosis del externo
25 Fibras intercrurales
26 Esquina muscular
27 R.cutáneo externo del n.iliohipogástrico
28 Lig.inguinal
29 Ramas del n.cutáneo femoral externo
30, 31 Ganglios linfáticos inguinales superficiales
30 Fascículo oblicuo
31 Fascículo longitudinal
32 Fascia cribosa, placa conjuntiva de cierre del hiato safeno
33 R.femoral del n.genitofemoral
34 Rr.cutáneo anteriores del n.femoral

El *techo del conducto inguinal* está formado por el borde caudal de los mm.oblicuo interno y transverso del abdomen, que dan fibras al cordón espermático (m.cremáster) o al ligamento redondo del útero.

La *pared anterior* consta de la aponeurosis del m.oblicuo externo abdominal, la *pared posterior* está formada por la fascia transversal y sus fascículos de refuerzo.

El *anillo inguinal externo o anillo inguinal superficial* (figs. **128** y **211**), forma la "abertura" externa del conducto inguinal. Está situado por fuera de la tuberosidad del pubis y está cubierto por la fascia abdominal superficial y la aponeurosis del externo que se continúa como *fascia espermática externa* en el cordón espermático. El propio anillo inguinal externo no puede evidenciarse hasta después de la extirpación de la fascia abdominal superficial y después de seccionar la aponeurosis del externo como abertura en forma de ojal. El borde interno está formado por la rama interna (*crus mediale*) (fig. **209**), que no está delimitada con respecto a la aponeurosis restante. El borde externo está formado por la rama externa (*crus laterale*), cuyas fibras construyen el segmento interno del ligamento inguinal y en parte (precisamente las fibras más caudales) se doblan hacia dentro y forman el ligamento reflejo. Ambas ramas están unidas por *fibras intercrurales* (a partir de la fascia abdominal superficial) que limitan el anillo inguinal externo por la parte craneal externa (figs. **128** y **209**).
El *anillo inguinal interno o anillo inguinal profundo* (fig. **211**) se hace visible cuando en la cara posterior de la pared abdominal anterior se extirpa la fascia transversal, con lo que se prepara libremente el borde del embudo fasciático, que se evagina en el conducto inguinal y que como fascia espermática interna envuelve el cordón espermático (figs. **209** y **210**).

Fosas inguinales

Fosa inguinal externa. Al anillo inguinal profundo corresponde en la cara posterior revestida de peritoneo de la pared abdominal ventral la fosa inguinal externa (figs. **210** y **211**). Está separada de la fosa inguinal interna por el *pliegue umbilical externo*, un pliegue de peritoneo impulsado por los vasos epigástricos inferiores.
La a. y v.epigástrica inferior cursan "por" el lig.interfoveolar (es decir, entre "ligamento" y peritoneo) en sentido craneal y pasan a través de la lámina posterior de la vaina del recto en la cara dorsal del m.recto (figs. **128** y **210**). En la fosa inguinal externa el peritoneo puede permitir identificar aún restos rudimentarios del proceso vaginal del peritoneo embrionario. El *lig.interfoveolar* discurre como refuerzo de la fascia transversal, cerca del borde interno del anillo inguinal interno, paralelo al borde del recto, en dirección craneocaudal (figs. **210** y **211**). Puede estar acompañada o parcialmente sustituida por haces finos y longitudinales del m.transverso abdominal, cuyos tendones se insertan en la tuberosidad del pubis o penetran en el ligamento reflejo.

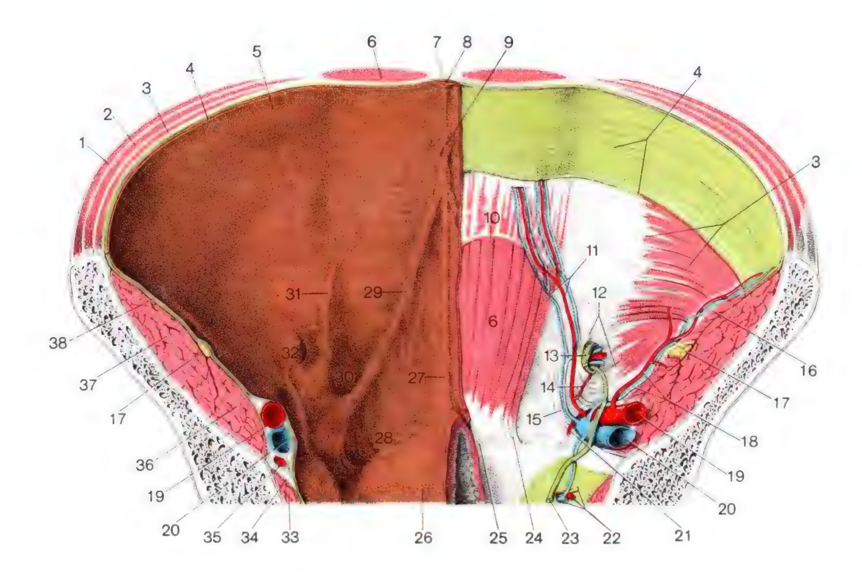
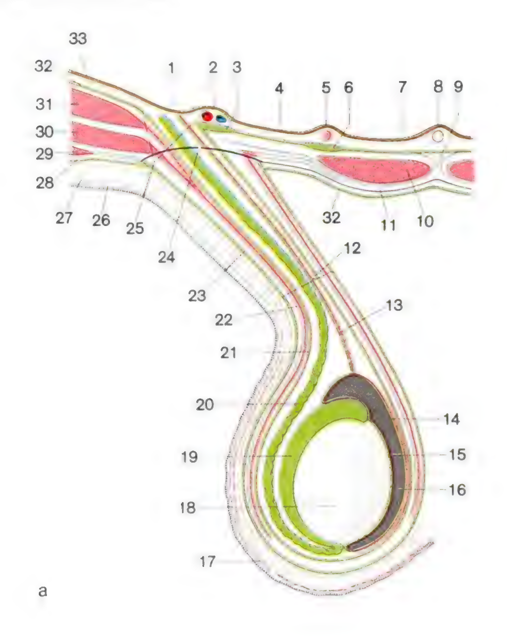
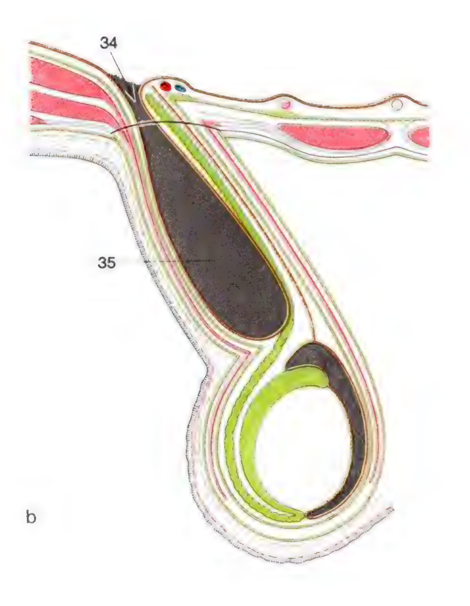


Fig. 210. **Pared abdominal anterior,** vista dorsal (Peritoneo extirpado en el lado derecho)

1 M.oblicuo abdominal externo
2 M.oblicuo abdominal interno
3 M.transverso abdominal y línea semilunar
4 Fascia transversal (a la derecha extirpada por debajo del ombligo)
5 Peritoneo parietal
6 M.recto abdominal
7 Línea alba
8 Lig.redondo del hígado
9 Ombligo
10 Línea innominada (de la vaina del m.recto del abdomen)
11 A. y v.epigástrica inferior
12 Límite del anillo inguinal profundo
13 Fascia espermática interna (seccionado en la salida del embudo fasciático de la fascia transversal) envuelve, entre otros, el conducto deferente y los vasos testiculares; r.genital del n.femorogenital en la pared interna del embudo (dibujado pero sin inscripción)
14 A.cremastérica
15 Lig.interfoveolar
16 Lig.inguinal
17 N.femoral
18 A. y v.circunfleja ilíaca profunda
19 A.ilíaca externa
20 V.ilíaca externa
21 R.púbica de la a.epigástrica inferior (seccionada)
22 A. y v.obturatriz, n.obturador
23 Conducto deferente
24 Hoz inguinal
25 Adminiculum de la línea alba
26 Vejiga urinaria (incisión paramediana)
27 Pliegue umbilical medio, propulsado por el ligamento umbilical medio (=uraco obliterado)
28 Fosa supravesical
29 Pliegue umbilical interno, pliegue del peritoneo propulsado por el lig.umbilical interno (=a.umbilical obliterada)
30 Fosa inguinal interna
31 Pliegue umbilical externo, formada por los vasos epigástricos inferiores
32 Fosa inguinal externa
33 M.obturador interno
34 Fascia obturatriz
35 Ganglios linfáticos de Rosenmüller
36 M.psoas mayor
37 M.ilíaco
38 Fascia ilíaca


33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
1
2
3
4
5
6
7
8
9
32
11
10
12
13
14
15
16
a


34
35
b

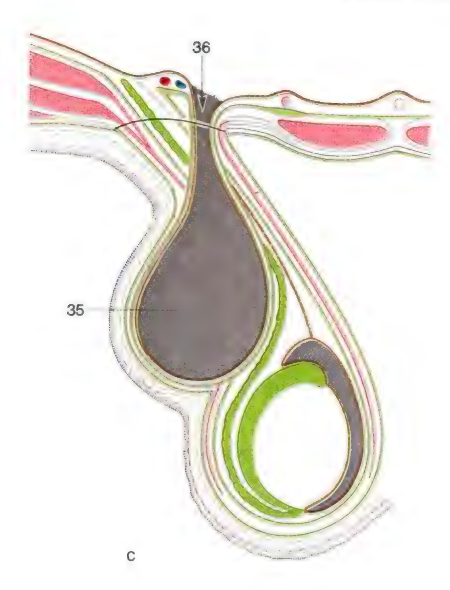


Fig. 211. **Corte esquematizado a través del conducto inguinal y el cordón espermático.**

a Cubiertas del conducto espermático y del testículo
b Hernia inguinal adquirida externa (indirecta u oblicua)
c Hernia inguinal interna (directa o recta)

1 Fosa inguinal externa
2 Pliegue umbilical externo, pliegue peritoneal producido por la a. y v.epigástrica inferior
3 Lig.interfoveolar
4 Fosa inguinal interna
5 Pliegue umbilical interno, pliegue peritoneal producido por el lig.umbilical interno (= a.umbilical obliterada)
6 Hoz inguinal
7 Fosa supravesical
8 Pliegue umbilical medio, producido por el lig.umbilical medio (= uraco obliterado)
9 Adminiculum de la línea alba
10 M.recto abdominal
11 Lámina anterior de la vaina del m.recto abdominal
12 Cordón espermático
13 Vestigio del proceso vaginal
14, 15 Túnica vaginal del testículo
14 Lámina parietal
15 Lámina visceral
16 "Cavidad escrotal"
17 Dartos
18 Testículo
19 Epidídimo
20 Conducto deferente
21 Fascia espermática interna
22 M.cremáster y fascia cremastérica
23 Fascia espermática externa
24, 25 "Abertura" externa e interna del conducto inguinal
24 Anillo inguinal superficial
25 Anillo inguinal profundo
26 Cutis
27 Tela subcutánea
28 Fascia abdominal superficial
29 M.oblicuo abdominal externo
30 M.oblicuo abdominal interno
31 M.transverso del abdomen
32 Fascia transversal
33 Peritoneo
34 Puerta herniaria en la fosa inguinal externa
35 Saco herniario
36 Puerta herniaria en la fosa inguinal interna

La *fosa inguinal interna* (fig. **211**) está limitada internamente por el *pliegue umbilical interno*, con el que el *lig.umbilical interno* (= a.umbilical obliterada) va al ombligo (figs. **33** y **210**). El borde mediocaudal de la fosa es reforzado por una placa fibrosa, la *hoz inguinal (tendón conjuntival)* (fig. **211**). Las fibras de la hoz proceden de la aponeurosis del transverso y de la vaina del recto y se insertan en las crestas del pubis.

A la fosa inguinal interna en la cara ventral de la pared abdominal anterior corresponde el anillo inguinal externo. La pared abdominal carece aquí de músculo y está formada predominantemente por la fascia transversal y sus ligamentos de refuerzo. Como componentes musculares de la pared existen únicamente los haces fibrosos variables del "m.interfoveolar". La fosa inguinal interna se convierte así en la localización más débil de la pared abdominal, que en caso de aumentar la tensión intraabdominal puede ceder y convertirse en una puerta herniaria (hernia inguinal interna, fig. **211c**).

La zona triangular situada entre los dos pliegues umbilicales internos está dividida en dos en la línea media por el *pliegue umbilical medio* (figs. **33**, **210** y **211**). Este pliegue peritoneal contiene el *lig.umbilical medio*, el uraco obliterado. Las fosas situadas por encima de la vejiga urinaria limitada externamente por los pliegues umbilicales internos se denominan *fosas supravesicales.*

Las *hernias inguinales* pueden producirse tanto a partir de la fosa inguinal externa como de la interna. La puerta herniaria, por tanto, está situada cranealmente con respecto al ligamento inguinal (en la hernia femoral [→ pág. 363] está situada siempre por debajo del lig.inguinal). Se distinguen *hernias inguinales externas* (= hernias inguinales indirectas u oblicuas) y *hernias inguinales internas* (= hernias inguinales directas o rectas).

En las *hernias inguinales externas* (fig. **211b**) la puerta herniaria se encuentra en la fosa inguinal externa, es decir, externamente de la a.epigástrica inferior. Las hernias inguinales externas avanzan en el conducto inguinal, el saco herniario está situado dentro del cordón espermático. Pueden ser connatales o adquiridas.

En las hernias inguinales "connatales" el proceso vaginal no está obliterado (tomo 4: Embriología; descenso del testículo). Como consecuencia del aumento de la tensión intraabdominal, al hacer prensa se introducen rápidamente después del nacimiento vísceras abdominales en la evaginación peritoneal y la hacen mayor.

Las *hernias inguinales internas* (fig. **211c**) son siempre adquiridas. Evaginan el peritoneo y la fascia transversal a la fosa inguinal interna y salen en dirección rectilínea por la pared abdominal. La puerta herniaria se encuentra dentro de los vasos epigástricos inferiores. El saco herniario se abomba tanto en las hernias inguinales internas como externas en la zona del anillo inguinal externo.

f) Vasos y nervios de la pared abdominal

Arterias. La irrigación arterial de la pared abdominal corre a cargo de
- como arterias segmentarias: las 5 *aa.intercostales posteriores* caudales, la *a.subcostal* y las *aa.lumbares* (fig. **25**),
- como sistema longitudinal arterial: las *aa.epigástrica superior* (figs. **190** y **198**) y *epigástrica inferior* (procede de la ilíaca externa, figs. **124** y **210**), que en el m.recto del abdomen anastomosan entre sí, y
- como rama muscular: la *rama ascendente* de la *a.circunfleja ilíaca profunda* (procedente de la a.ilíaca externa, fig. **124**), que en la zona limitante de la pared abdominal ventral y externa se dirige hacia arriba entre los mm.transverso y oblicuo interno del abdomen (y en caso de laparatomía corre peligro si se incide con corte oblicuo o transversal desde la parte externa).

Las *aa. intercostales posteriores VII-XI* pasan por los arcos costales —al igual que la *a.subcostal*— oblicuamente entre los mm.transverso y oblicuo interno del abdomen oblicuamente en la pared abdominal ventral y penetran en el m.recto abdominal.

En los flancos dan las rr.cutáneas externas, cerca de la línea media ramas ventrales para la piel del abdomen.

Las *aa.lumbares* (figs. **25** y **190**), como arterias pares segmentarias (el 5.° par, *a.lumbalis ima*, procede de la a.sacra mediana) continúan la línea de las arterias segmentarias hacia la zona caudal.

La rama principal de la a.lumbar alcanza, en la parte dorsal del m.psoas (en las tres arterias lumbares craneales también dorsalmente del m.cuadrado lumbar), la pared muscular del abdomen, por donde circula entre los mm.transverso y oblicuo interno del abdomen, y en la línea axilar emite una rama para la pared lateral del tronco. Faltan ramas cutáneas ventrales (la piel abdominal ventral está irrigada por las arterias intercostales, la arteria subcostal y ramas de las aa.epigástricas).

Las aa.lumbares anastomosan entre sí, ventralmente con ramas de la a.epigástrica inferior, cranealmente con las aa.intercostales y caudalmente con las aa.iliolumbar y circunfleja ilíaca profunda. En caso de obstrucción lenta del extremo caudal de la aorta pueden dilatarse en anastomosis colaterales suficientes funcionalmente entre el muñón aórtico y la arteria ilíaca externa (y con ello también —de forma recurrente— la arteria ilíaca interna).

La **a.epigástrica inferior** discurre en el lig.interfoveolar, un refuerzo de la fascia transversal en la cara dorsal de la pared abdominal anterior, hacia arriba, penetra en la vaina del recto y se dirige en sentido craneal a la cara posterior del m.recto abdominal (figs. **124** y **210**).

La *rama púbica* se dirige a la sínfisis y se une con la rama púbica de la arteria obturatriz (fig. **124**). La *arteria cremastérica* (figs. **209** y **210**) se origina en las cercanías del anillo inguinal profundo, se dirige con el cordón espermático al escroto

e irriga el m.cremáster. En la mujer la *arteria del lig.redondo del útero* acompaña al ligamento del mismo nombre hasta los labios mayores.

La a.epigástrica inferior anastomosa por encima del ombligo con la a.epigástrica superior, la rama terminal de la a.torácica interna, e irriga el m.recto abdominal y los músculos laterales del abdomen. Constituye con ello una anastomosis de la a.ilíaca externa con la a.subclavia a la que también están unidas arterias segmentarias.

En una *punción* de la cavidad abdominal debe evitarse una herida de la potente a.epigástrica inferior, por lo que se realiza en la línea de unión ombligo - espina ilíaca anterosuperior (casi siempre en el lado izquierdo, ya que el colon sigmoide se desplaza, mientras que a la derecha existe el peligro de lesionar el ciego) o en la línea media, a media altura entre ombligo y sínfisis.

Venas. La sangre de la pared abdominal puede ser derivada por venas satélites de las arterias. Además de ello, existen comunicaciones entre las venas parietales profundas y superficiales (p. ej., vv.epigástrica inferior y superficial) y numerosas anastomosis entre el territorio correspondiente de la vena cava superior e inferior, de manera que en casos de dificultad de desagüe pueden formarse fácilmente vías colaterales entre las dos venas cavas.

Desembocan
- las *vv.lumbares* directamente en la v.cava inferior, así como mediante una anastomosis longitudinal, *v.lumbar ascendente*, a la derecha en la v.ácigos, a la izquierda en la vena hemiácigos, que también recogen las vv.intercostales posteriores (figs. **27** y **18**). La vena lumbar ascendente está en comunicación caudal con la vena ilíaca común;
- la *v.epigástrica inferior* (casi siempre doble) y la *vena circunfleja ilíaca profunda* en la vena ilíaca externa (fig. **210**);
- la *v.epigástrica superficial* y las *vv.pudendas externas* en la vena femoral (figs. **171** y **209**).

El sistema de la *v.cava inferior anastomosa con* las ramas de la *v.cava superior:*

- mediante la vena lumbar ascendente,
- mediante las vv.lumbares y plexos venosos vertebrales,
- mediante las anastomosis de la vena epigástrica inferior y la vena epigástrica superior en la cara dorsal del m.recto abdominal,
- mediante la v.epigástrica superficial, que está en comunicación con las vv.toracoepigástricas (fig. **214**).

El *sistema de la vena porta* comunica con las venas superficiales y profundas de la pared abdominal en las inmediaciones del ombligo por finas ramas venosas, las *vv.paraumbilicales* (fig. **214**), que circulan por el lig.redondo del hígado. En una estasis de la vena porta, la sangre puede circular a través de las venas paraumbilicales sobre las dilatadas y serpentuosas venas de la pared abdominal (cabeza de medusa) en sentido craneal y llegar al sistema de la vena cava superior; en sentido caudal puede llegar al territorio correspondiente a la vena cava inferior.

Las **vías linfáticas** procedentes de las capas más profundas de la pared abdominal acompañan a los vasos. Conducen linfa a los *ganglios linfáticos paraesternales* (a lo largo de los vasos torácicos internos), a través de los *ganglios linfáticos epigástricos* (a lo largo de los vasos epigástricos inferiores) a los *ganglios linfáticos ilíacos externos y comunes* (fig. **23**, a lo largo de los vasos ilíacos) además a los *ganglios linfáticos lumbares* (a los lados de la aorta o de la vena cava inferior), así como –a partir de las capas musculares de la pared abdominal posterior– directamente a los ganglios linfáticos lumbares.

Nervios. Los músculos abdominales laterales son inervados por los *nervios intercostales caudales*, por el *n.subcostal* y los dos ramos craneales largos del plexo lumbar, el *n.iliohipogástrico* y el *n.ilioinguinal* (fig. **205**). A los músculos abdominales anteriores van casi siempre sólo rr.ventrales de los nn.torácicos (T_{7-12}). El m.cuadrado lumbar es inervado predominantemente por ramos cortos del plexo lumbar (T_{12}, L_{1-3}).

A los músculos unisegmentarios intertransversos laterales lumbares van cortos ramos musculares procedentes de las raíces del plexo lumbar.
Ramos sensitivos de los nervios de la pared abdominal inervan la hoja parietal del peritoneo.

Los *nervios intercostales caudales* cursan con los vasos del mismo nombre por el arco costal y pasan –como el n.subcostal– entre el m.transverso y el oblicuo interno del abdomen. Dan ramos musculares para los m.abdominales externos y emiten cada uno en la línea de muescas entre los orígenes de los mm.serrato anterior y oblicuo externo del abdomen, un *r.cutáneo externo* (figs. **190** y **214**). El ramo ventral terminal de los nervios intercostales caudales penetra en la vaina del recto, inerva el músculo y emite el *r.cutáneo anterior* para la piel.
El *n.iliohipogástrico y* el *n.ilioinguinal* salen a menudo como tronco común –en el borde externo del m.psoas–, circulan por la cara anterior del m.cuadrado lumbar (fig. **205**) detrás del riñón hacia los lados, pasan entre los mm.transverso y oblicuo interno del abdomen (al que dan ramos musculares) y pasan en sentido ventral paralelamente entre sí por encima de la cresta ilíaca.

D. Anatomía superficial de la región torácica y abdominal

1. Relieve superficial de la pared anterior del tronco y puntos óseos palpables

El **relieve superficial** de la *pared torácica* en el hombre musculoso es determinado en la cara ventral por el contorno del m.pectoral mayor, en la región inferior lateral es marcado por la línea de muescas que separa los orígenes alternantes del músculo serrato mayor y oblicuo externo abdomi-

nal, la línea de Gerdy. Entre la porción clavicular del músculo pectoral mayor y el m.deltoides se hunde la piel por debajo de la parte media de la clavícula (en individuos delgados) en la fosa de Mohrenheim (fig. **212**). En el borde inferior del tórax, a cada lado de la línea media se abomba el origen del m.recto del abdomen.

Un m.esternal desarrollado como variante, cuando se contrae puede hacerse visible a través de la piel como prominencia longitudinal en el borde esternal y borrar (parcialmente) el surco medio anterior.
La piel, en general bien desplazable, en la región torácica está fijada al esternón. Aquí puede desarrollarse en el hombre un sello terminal más o menos denso que a los lados puede llegar hasta la fosa axilar y que se continúa en sentido caudal a la piel del abdomen.

En la mujer, el relieve superficial de la pared torácica viene determinado esencialmente por el volumen, forma y situación de las glándulas mamarias (fig. **212**).

El relieve de las partes blandas de *pared abdominal* puede poner de manifiesto, en individuos muy delgados y especialmente musculosos, las dos prominencias longitudinales de los mm.rectos abdominales y los surcos transversos determinados por las intersecciones tendinosas. La transición de la porción carnosa del m.oblicuo abdominal externo a su aponeurosis puede sobresalir algo cranealmente respecto de la espina ilíaca anterosuperior como *"esquina muscular"* (figs. **209** y **215**). En la musculatura abdominal lateral no contraída el m.oblicuo externo abdominal se abomba como prominencia abdominal (figs. **212** y **215**) por encima de la cresta ilíaca.
En la mayoría de individuos —especialmente en la mujer, con la musculatura en general menos acentuada y mayor acúmulo de tejido adiposo subcutáneo— la cantidad y distribución del panículo adiposo determina el relieve de la pared abdominal.

En el subcutis pueden presentarse varias láminas conjuntivales entre las que se ha acumulado tejido adiposo en distinta medida. Estas placas conjuntivales, en el plano medio están unidas entre sí algo más estrechamente y están unidas con la vaina del recto, así que también en obesos se origina un leve surco longitudinal medio por debajo del ombligo, que se borra hacia la parte caudal en el *monte del pubis*.

En el *ombligo* falta el tejido adiposo subcutáneo. La piel está adherida a la *papila umbilical* y deprimida, formando la *fosa umbilical* (figs. **208** y **212**). En individuos delgados el ombligo está algo por debajo del centro, entre el apéndice xifoides y la sínfisis del pubis, aproximadamente a la altura del borde superior de la 4.ª vértebra lumbar.

La dirección de las cisuras cutáneas en la pared abdominal anterior es ligeramente oblicua desde la parte lateral craneal hasta la interna caudal (fig. **72**). (En cortes en el sentido de las líneas de cisura de la piel los bordes de la herida se adaptan mejor.)

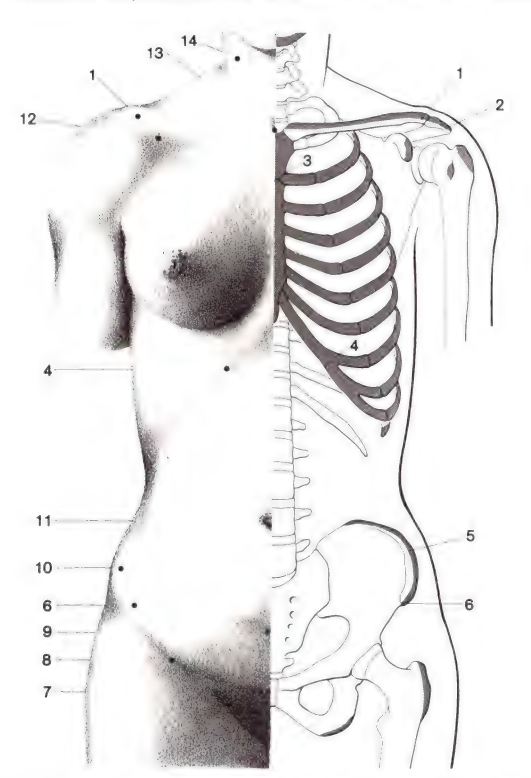


Fig. 212. **Relieve superficial de la pared anterior del tronco de la mujer** (lado derecho) **y puntos óseos palpables** (izquierda).

1 Extremidad acromial de la clavícula
2 Acromion
3 Angulo esternal
4 Arco costal
5 Cresta ilíaca
6 Espina ilíaca anterosuperior
7 Línea horizontal en el borde superior del monte del pubis
8 Surco inguinal
9 Surco abdominal transverso
10 Eminencia inguinal
11 Ombligo
12 Fosa de Mohrenheim
13 Hendidura yugular esternal
14 Prominencia del m.esternocleidomastoideo

El *revestimiento velloso* del monte de Venus concluye en la mujer con una línea limitante horizontal, en el hombre puede extenderse en la línea media hasta el ombligo y continuarse con el vello torácico.

Como **puntos óseos palpables** (fig. **212**) en la pared torácica facilitan la orientación la clavícula, la hendidura yugular esternal, el ángulo esternal, las costillas y el arco costal.

Unicamente la 1.ª costilla, cubierta por la clavícula, no es palpable. Es más seguro contar las costillas en el segmento óseo, dado que el 6.º-10.º cartílago costal son

estrechamente adyacentes. El ángulo esternal marca la altura de la inserción esternal de la 2.ª costilla.

En el límite caudal de la pared abdominal se pueden determinar sin dificultades la espina ilíaca anterosuperior y la cresta ilíaca.

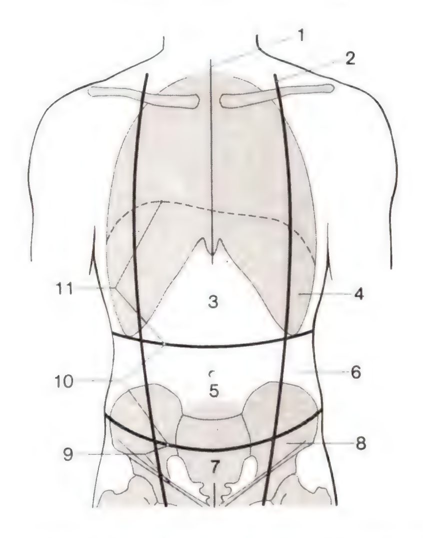


Fig. 213. **División por regiones de la pared abdominal.**
1 Línea media anterior
2 Línea medioclavicular
3 Región epigástrica
4 Región hipocondríaca
5 Región umbilical
6 Región lateral
7 Región púbica
8 Región inguinal
9 Región abdominal inferior
10 Región abdominal media
11 Región abdominal superior

División de la pared del tronco. Para la división de la pared del tronco se utiliza un sistema de coordenadas que consta de segmentos parciales palpables del esqueleto (esternón, costillas, apófisis espinosas de las vértebras) y de líneas verticales que discurren por segmentos fácilmente determinables de la pared torácica. Con su ayuda es posible localizar zonas de proyección de órganos internos o determinados síntomas en la pared torácica.

Como líneas longitudinales se utilizan (fig. **213**)
- la *línea media anterior*, la vertical en el centro de la cara anterior del tronco,
- la *línea media posterior*, la vertical en el centro del dorso,
- la *línea medioclavicular*, la perpendicular en el centro de la clavícula –la designación utilizada a menudo en clínica de línea mamilar es menos precisa (ante todo en la mujer a causa del distinto desarrollo de la mama y de la consecuente posición variable de la mamila),
- la *línea axilar*, la perpendicular en el centro entre el pliegue axilar anterior y el posterior (la *línea axilar anterior* corre perpendicular por el extremo caudal del pliegue axilar anterior, la *línea axilar posterior* corre correspondientemente perpendicular a través de la inserción del pliegue posterior en la espalda),

– la *línea escapular*, la vertical a través del ángulo escapular inferior con el brazo colgante normal.

División por regiones de la pared abdominal. Dos líneas horizontales que pasan por el punto más profundo de la 10.ª costilla o el punto más alto de las dos crestas ilíacas delimitan tres segmentos en la parte abdominal: *región abdominal superior, región abdominal media* y *región abdominal inferior*. Las líneas longitudinales en el borde externo de ambos mm.rectos abdominales dividen cada región abdominal en una zona media impar y dos zonas pares.
Se distingue (fig. **213**)
– en la región abdominal superior:
en el centro la *región epigástrica*,
externamente la *región hipocondríaca derecha, izquierda,*
– en la región abdominal media:
en el centro la *región umbilical* ("región mesogástrica"),
externamente la *región lateral derecha, izquierda,*
– en la región abdominal inferior:
en el centro la *región púbica* ("región hipogástrica"),
externamente la *región inguinal derecha, izquierda.*

El centro de una línea que une la espina ilíaca anterosuperior con el ombligo, el *punto de McBurney*, corresponde frecuentemente al lugar de proyección de la base del apéndice vermiforme en la pared abdominal anterior. En el *punto de Lanz*, es decir, en el punto tercero derecho de una línea que une las dos espinas ilíacas anterosuperiores, puede proyectarse la punta del apéndice. No obstante, debido a la situación y longitud variables del apéndice, la importancia de ambos puntos como característicos puntos dolorosos en una inflamación del apéndice es bastante limitada.

2. Vasos y nervios de la región torácica y abdominal

a) Arterias cutáneas

Las aa.intercostales posteriores, la a.subcostal y las aa.lumbares dan a la *pared lateral del tronco* la *rama cutánea externa*, que se divide en una rama anterior y otra posterior (figs. **26** y **214**).

Ramas de la a.torácica externa se ramifican en la piel del pliegue axilar anterior (fig. **214**), ramas de la a.toracodorsal se ramifican en la piel de la fosa axilar. Estas ramas cutáneas están en comunicación entre sí y con las rr.cutáneas externas.

La rama deltoidea de la a.toracoacromial emite entre los mm.pectoral mayor y deltoideo igualmente ramas al subcutis y a la piel por encima de la fosa de Mohrenheim (fig. **214**).
A la piel de la región inguinal van ramas de la arteria circunfleja ilíaca superficial (figs. **209** y **214**) que se origina algo distal del lig.inguinal de la a.femoral y discurre casi paralelamente al lig.inguinal hacia fuera.

Las arterias cutáneas de la *pared anterior del tronco* atraviesan la fascia cerca de la línea media. *Rr.perforantes* procedentes de la a.torácica interna (figs. **198** y **214**) se ramifican en la piel del tórax ("ramas cutáneas anteriores") como ramas terminales de las aa.intercostales posteriores VII-XI y de la a.subcostal en la piel abdominal ventral.

Ramas cutáneas que llegan a la pared abdominal anterior proceden también de la a.epigástrica superficial, que sale por debajo del lig.inguinal procedente de la a.femoral (figs. **132, 133, 209** y **214**) y en el subcutis cursa en sentido craneal hasta aproximadamente el nivel del ombligo. Ramas finas para la piel del abdomen proceden de las arterias profundas, las aa.epigástricas superior e inferior. Las aa.pudendas externas (proc. de la a.femoral) emiten pequeñas *ramas inguinales* a la piel en los alrededores del anillo inguinal externo (fig. **214**).

b) Venas cutáneas

Desde la bien desarrollada *red venosa subcutánea de la pared anterior del tronco* (fig. **214**), la sangre es conducida por las *venas satélites* de las arterias cutáneas a las venas intercostales, la vena torácica interna y a las venas lumbares, así como a la vena axilar (a través de las vv.torácicas externas, toracodorsal o toracoacromial) y a la vena femoral (a través de las venas epigástrica superficial y circunfleja ilíaca superficial).

En la pared torácica existen posibilidades adicionales de desagüe a la vena yugular anterior (fig. **214**) y a la vena cefálica.

En caso de obstáculo del retorno venoso en el espacio abdominal, las *vv.toracoepigástricas* generalmente débiles (fig. **214**), pueden dilatarse y conseguir una notable importancia clínica. Proceden de la red venosa subcutánea de la pared abdominal y llevan la sangre directa o indirectamente a la vena axilar. Mediante las anastomosis con la vena epigástrica superficial, que desemboca en la vena femoral, existe una vía colateral entre el sistema de las venas cava inferior y superior, que se dilata en el caso de un *obstáculo del desagüe de la vena cava inferior*. En una *estasis de la vena porta* el retorno sanguíneo de la vena porta puede realizarse a través de las venas paraumbilicales (fig. **214**) y la vena toracoepigástrica o epigástrica superficial, tanto por la vena cava superior como por la cava inferior.

c) Vías linfáticas superficiales

El **desagüe linfático** de la pared torácica y de la parte de la pared abdominal situada por encima del ombligo tiene lugar predominantemente a los *ganglios linfáticos axilares pectorales* (figs. **113** y **215**, en el borde inferior del m.pectoral mayor), desde la zona caudal del ombligo a los *ganglios linfáticos inguinales superficiales* (figs. **172** y **215a,** en la región inguinal). Además, existen comunicaciones con los ganglios linfáticos intercostales y paraesternales (también a lo largo de la línea media).

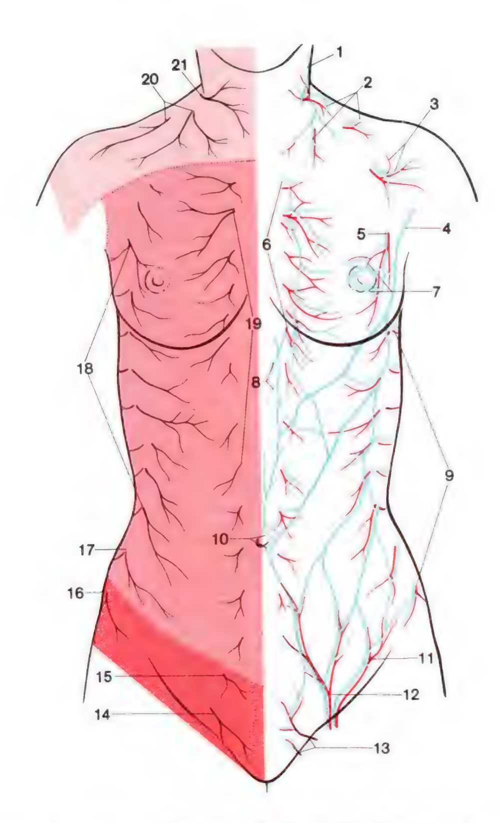


Fig. 214. **Vasos y nervios principales de la región torácica y abdominal.** Representación esquemática de las arterias y venas cutáneas (lado izquierdo), así como de los nervios cutáneos y zonas cutáneas anatómicas a la derecha)

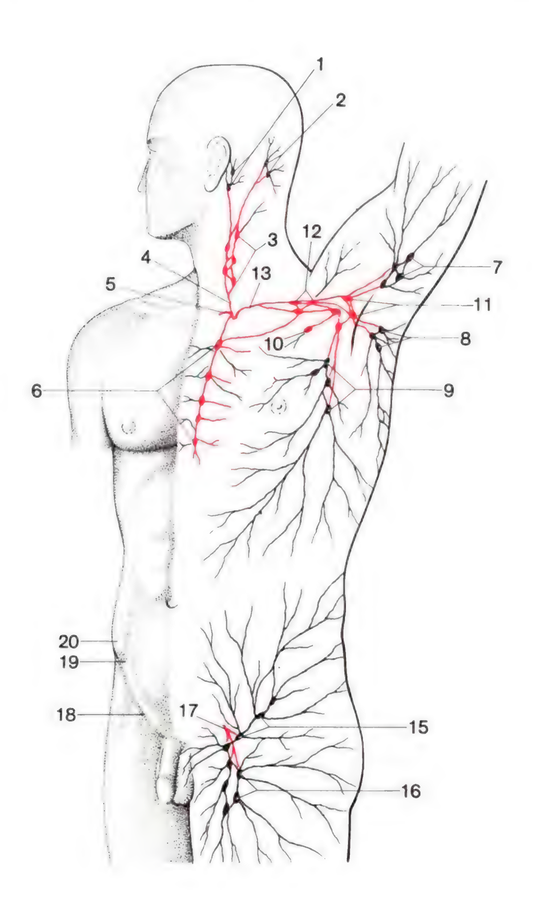
- Rr.ventrales de los nervios cervicales (plexo cervical)
- Rr.ventrales de los nervios torácicos (nn.intercostales)
- Rr.ventrales de los nervios lumbares (plexo lumbar)

1 V.yugular anterior
2 Ramas cutáneas de la a.cervical superficial y venas satélites
3 Ramas de la a. y v.toracoacromial
4 V.toracoepigástrica
5 A. y v.torácica externa con rr.mamarios externos
6 Rr.perforantes con rr.mamarios internos y venas acompañantes
7 Plexo venoso areolar
8 Vv.subcutáneas del abdomen
9 Rr.cutáneas externas de las aa. y vv.intercostales posteriores y lumbares
10 Vv.paraumbilicales
11 A. y v.circunfleja iliosuperficial
12. A. y v. epigástrica superficial
13 Ramas de las aa. y vv. pudendas externas
14 Nn.labiales anteriores del n.ilioinguinal
15 R.cutánea anterior } del n.iliohipogástrico
16 R.cutánea externa } del n.iliohipogástrico
17 R.cutánea externa del n.subcostal
18 Rr.cutáneas laterales de los nn.intercostales con rr. mamarios externos
19 Rr.cutáneas anteriores de los nn.intercostales con rr.mamarios internos
20 Nn.supraclaviculares internos e intermedios
21 N.transverso del cuello

d) Nervios cutáneos

La **inervación cutánea** de la pared torácica lateral y anterior corre a cargo especialmente de las ramas ventrales de los nervios torácicos (nn.intercostales, n.subcostal). Emiten *ramas cutáneas externas* y *ramas cutáneas anteriores* (fig. **214**).

Las ramas cutáneas a la pared lateral del tronco proceden de los nn.intercostales II-XI y del n.subcostal; las rr.cutáneas anteriores en la región del tronco proceden de los seis nervios intercostales, en la pared abdominal de los nervios intercostales VII-XI y del nervio subcostal.



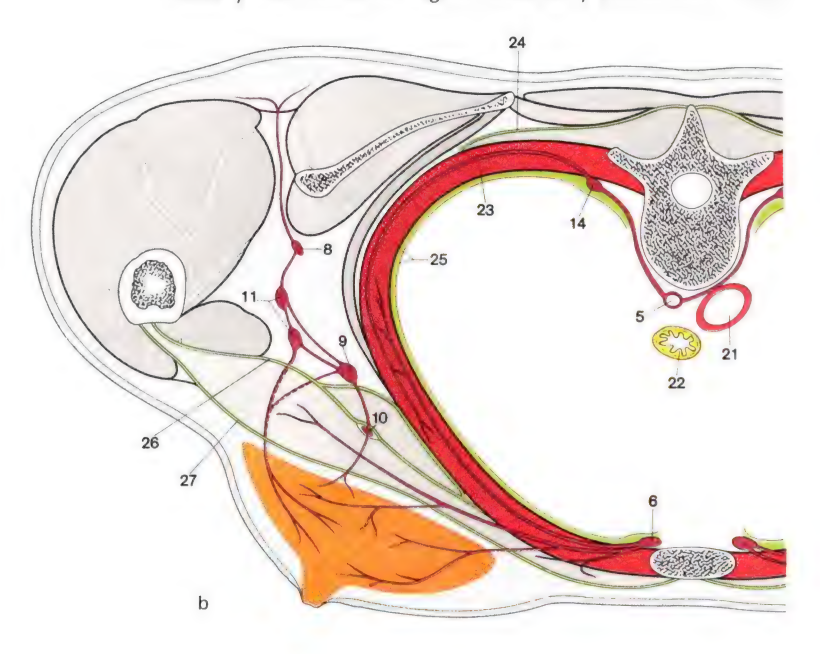


Fig. 215. **Vías linfáticas de la pared del tronco.**

a Vías linfáticas superficiales de la pared ventral del tronco y de la nuca
Vías y ganglios linfáticos superficiales ——
Vías y ganglios linfáticos profundos ——

b Vías linfáticas de la glándula mamaria (indicadas en un corte transversal según PERNKOPF)

1 Ganglios linfáticos retroauriculares
2 Ganglios linfáticos occipitales
3 Ganglios linfáticos cervicales profundos
4 Tronco yugular
5 Conducto torácico
6 Ganglios linfáticos paraesternales
7 Ganglios linfáticos axilares externos
8 Ganglios linfáticos axilares subescapulares
9 Ganglios linfáticos axilares pectorales
10 "Ganglios linfáticos interpectorales"
11 Ganglios linfáticos axilares centrales
12 Ganglios linfáticos axilares apicales
13 Tronco subclavio
14 Ganglios linfáticos intercostales
15, 16 Ganglios linfáticos inguinales superficiales
15 Haz oblicuo
16 Haz longitudinal
17 Drenaje linfático a través de los ganglios linfáticos inguinales profundos a los ganglios linfáticos ilíacos externos
18 Surco inguinal
19 Esquina muscular
20 Eminencia inguinal
21 Aorta
22 Esófago
23 Capa profunda de la pared torácica (costillas y músculos intercostales)
24 Fascia toracolumbar
25 Pleura parietal y fascia endotorácica
26 Fascia clavipectoral
27 Fascia pectoral

Las *rr.cutáneas externas* entran en la línea axilar aproximadamente entre las muescas de origen del m.serrato anterior o del m.oblicuo externo abdominal al subcutis y se ramifican (a menudo ya antes de atravesar la fascia) en una rama anterior y una posterior.

Las *rr.cutáneas anteriores* atraviesan la fascia pectoral cerca del borde esternal; en la pared abdominal están casi siempre divididas en dos, con lo que un ramo perfora el m.recto abdominal y el otro penetra a través de la aponeurosis después de pasar el borde externo del recto.

A la piel de la región clavicular y de la pared torácica craneal (hasta la altura de la 3.ª-4.ª costilla) se dirigen –debajo del platisma y a lo largo de la clavícula– ramos del plexo cervical, los nn.supraclaviculares internos e intermedios (fig. **214**).

La piel, por encima y por dentro del anillo inguinal externo, está inervada por la *rama cutánea anterior* del *n.iliohipogástrico* (fig. **214**), una pequeña zona cutánea por encima de la sínfisis del *n.ilioinguinal* (figs. **128, 209** y **214**).

Inervación segmentaria de la piel y **zonas de Head.** Las ramas ventrales de los nervios T_{2-12} y L_1 inervan con sus ramas cutáneas respectivamente un área cutánea, en la pared torácica y en la parte superior del abdomen aproximadamente en forma de cinturón, por debajo del ombligo levemente descendente hacia la línea media (fig. **57a**).

Las zonas segmentarias de inervación, en la pared torácica no son idénticas con los espacios intercostales.

El 1.er nervio intercostal, al que le falta una r.cutánea externa, no posee ningún territorio autónomo. El dermatoma anexionado cranealmente al segmento cutáneo T_2 es inervado (casi exclusivamente) por fibras del plexo cervical (nn.supraclaviculares) procedentes del segmento medular espinal C_4. Entre las zonas segmentarias C_4 y T_2 existe casi regularmente un vacío segmentario, un *hiato*, ya que las fibras sensitivas de los segmentos ausentes van hacia la extremidad superior.

Las fibras de la percepción táctil y térmica superan a los segmentos limitantes; únicamente las fibras para la percepción dolorosa no muestran ninguna “imbricación” y se dispersan sólo en un segmento. Estos dermatomas inervados unisegmentariamente corresponden a las zonas de Head.

Una serie de cardiopatías pueden provocar hiperalgesias en los dermatomas T_{2-8} del lado izquierdo del cuerpo.
En determinados dermatomas de la piel abdominal pueden presentarse hiperalgesias segmentarias irradiadas en enfermedades por ejemplo del tracto gastrointestinal o del aparato urogenital.

3. Mama femenina

a) Forma y situación de la glándula mamaria femenina

La **glándula mamaria** femenina, *la mama* (fig. **216**) yace en el subcutis y consta de 15-20 glándulas aisladas tubuloalveolares ramificadas, que están encerradas por un cuerpo conjuntival conjunto. Mediante placas conjuntivales y ligamentos el estroma conjuntival divide el tejido adiposo subcutáneo en compartimientos aislados, cuyo estado de repleción y tensión determinan la turgencia del hecho, y su disposición y extensión la forma del mismo.

La forma y el tamaño, y en limitada medida también la situación del órgano, son también influidos por múltiples factores (entre otros edad, estado de nutrición, biotipo, equilibrio hormonal, actitud corporal, estado funcional, número de embarazos, duración de la lactancia).

En la mujer sexualmente madura, en decúbito la mama descansa como abombamiento semiesférico (casi siempre) a la altura de la 3.ª-6.ª costilla en la fascia pectoral, con la que está unida por tejido conjuntivo laxo de manera desplazable.
Los ligamentos conjuntivales que desde la capa coriónica de la mama a la delgada capa desplazable discurren por la fascia pectoral, son denominados *ligg.suspensorios de la mama* (fig. **216**).

Hacia fuera la glándula mamaria puede llegar más allá del borde inferior del m.pectoral mayor, al músculo serrato anterior ("lóbulo axilar"). La mitad inferior de la mama está redondeada más intensamente. En la mujer joven, aún nulípara, pasa a la pared torácica sin formación de pliegue (figs. **212** y **216**).

Después del primer hijo la mama suele ser en general algo más fláccida y en posición de pie desciende más. Después de varios embarazos y con la edad se afloja la fijación conjuntival de la mama en la fascia pectoral y el descenso de la mama es ahora manifiesto: *mama péndula*.
La *papila mamaria* (pezón) de forma cónica, generalmente denominada *mamila,* se halla en el centro de la aréola mamaria, igualmente de pigmentación más intensa y algo por debajo del centro de la mama (fig. **216**). La papila mamaria, eréctil (numerosas terminaciones nerviosas sensitivas, sistema complicado de células musculares lisas y tendones elásticos) mira ligeramente hacia arriba y hacia fuera. En ella desembocan los conductos excretores de la glándula mamaria y las glándulas sebáceas libres.

En la piel de la aréola mamaria hay glándulas sudoríparas, así como sebáceas, que en parte desembocan libremente y en parte en los folículos pilosos de finos pelos. En la zona marginal de la aréola mamaria 10-15 *glándulas areolares* forman un anillo de pequeñas tuberosidades redondeadas. Su secreción humedece la glándula mamaria y los labios del lactante y contribuye al cierre impermeable en el acto de la succión.

El pezón puede ser muy bajo, *pezón plano.* Los conductos de excreción de la glándula mamaria pueden también desembocar en una pequeña fosa, *pezón*

hundido. En ambos no se ha producido la proliferación postnatal del mesénquima o no se ha producido suficientemente, de manera que al final del desarrollo fetal el estado de desarrollo mamario alcanzado persiste más o menos invariable. En un pezón plano la lactacia es casi siempre posible, pero un pezón excavado constituye un impedimento absoluto para la lactancia.

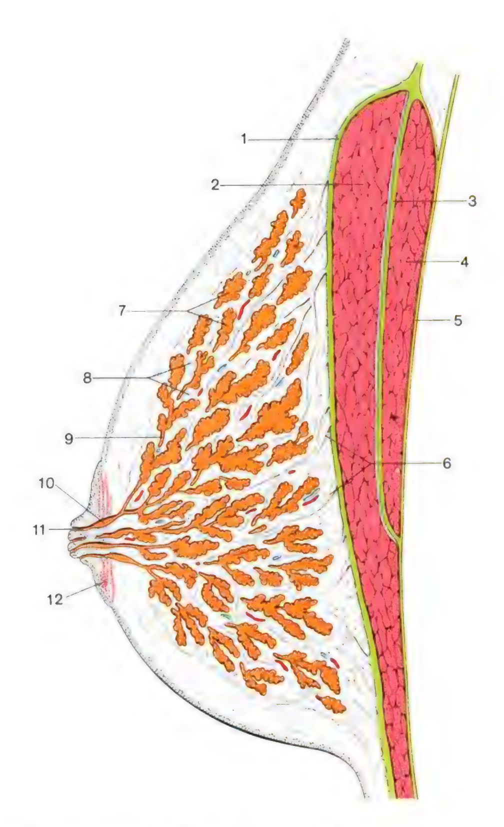


Fig. 216. **Corte sagital a través de la glándula mamaria.**
Fascias pectorales
1 Fascia pectoral
2 M.pectoral mayor
3 Fascia clavipectoral
4 M.pectoral menor
5 Fascia de los músculos intercostales ("fascia torácica externa")
6 Ligg.suspensorios de la mama
7 Cuerpo glandular de la mama
8 Cuerpo adiposo de la mama
9 Conducto galactóforo
10 Sacos galactóforos
11 Conducto excretor
12 Haces de músculos lisos radiales y circulares

b) Desarrollo e histología de la glándula mamaria

Desarrollo de la glándula mamaria. Como primer esbozo de la glándula mamaria, a finales del 1.er mes embrionario se encuentra la *franja mamaria* (engrosamiento epitelial en forma de franja, de curso longitudinal, en la pared ventral externa), de la que se forma en el 2.º mes embrionario la *cresta mamaria* (tomo 4: Embriología; glándula mamaria). La cresta mamaria involuciona poco después de su origen, con excepción de una pequeña área en la región torácica. De esta hipertrofia epitelial circunscrita, del esbozo de la glándula mamaria, crecen en el 5.º mes fetal aproximadamente 20 cordones epiteliales en el mesénquima subyacente y se ramifican. La zona glandular de la que a finales del desarrollo fetal salen cordones epiteliales canalizados, sólo parcialmente, se hunde en una pequeña fosa situada en la piel. La papila mamaria generalmente no se presenta hasta después del parto; entonces se introduce tejido conjuntivo en el campo glandular deprimido, se eleva a nivel de la piel circundante y finalmente sobresale de la aréola una papila mamaria.

En la zona de la cresta mamaria pueden persistir y desarrollarse papilas mamarias accesorias: politelia (lo más frecuente en la región axilar). Si una parte no involucionada de la cresta láctea se desarrolla en una glándula mamaria supernumeraria, se habla de *polimastia.*

En el momento del nacimiento pueden distinguirse en el sistema canalicular de la mama: los *conductos galactóforos* incluidos en el tejido conjuntivo, los pequeños *sacos galactóforos* que les siguen hacia la zona epitelial, y los estrechos *conductos excretores* que desde éstos se dirigen a la superficie y que desembocan en forma de embudo en la zona glandular, a menudo aún deprimida en forma de fosa.

En el primer mes de vida los segmentos distales de los conductos galactóforos forman, bajo la influencia de hormonas maternas, la denominada *leche de bruja.* Durante la infancia, en ambos sexos se desarrollan muy lentamente los conductos galactóforos. El grado de ramificación y la longitud aumentan en pequeño grado. En la pubertad prolifera notablemente la porción epitelial de la glándula, ante todo en las muchachas. Simultáneamente se desarrolla el estroma conjuntival, que rodea los conductos galactóforos y delimita los lobulillos glandulares.

La **glándula mamaria en reposo** (no lactante) de la mujer sexualmente madura consta de 15-20 glándulas tubuloalveolares ramificadas de tipo apocrino que yacen en el subcutis (tomo 3: Histología; glándula mamaria). Están tabicadas por tejido conjuntivo que está alojado en el estroma de fibras resistentes. Puede acumular células adiposas y forma el cuerpo adiposo predominante de la glándula (fig. **216**).

Las modificaciones durante el ciclo ovárico son de escasa importancia y reversibles (pequeños brotes y dilatación de los conductos galactóforos, secreción de una pequeña cantidad de líquido pobre en grasa). La transformación de la glándula mamaria en una glándula competente desde el punto de vista funcional sólo se produce durante el embarazo.

La **glándula mamaria activa** (lactante). Ya en el 2.º mes del embarazo comienzan a brotar los conductos galactóforos bajo el influjo de los estrógenos y luego se ramifican. Son canalizados en su totalidad y, a partir de

la mitad del embarazo de sus brotes laterales y distales, estimulados por la progesterona, se forman numerosos alvéolos (epitelio cúbico monoestratificado). El tejido conjuntivo del cuerpo glandular es empujado hacia atrás y se destaca claramente la distribución en lobulillos del órgano intensamente vascularizado. El aumento de tamaño de la mama es reconocible macroscópicamente.
A partir del 8.° mes del embarazo, la glándula mamaria, bajo la influencia de la prolactina, forma el *calostro* (secreción grasa amarillenta con corpúsculos de calostro = células emigrantes o restos de células que, en comparación con la leche madura rica en proteínas, es pobre en grasa y en hidratos de carbono). Pocos días después del parto comienza la secreción láctea, en la que participan los alvéolos de manera alternante. La salida de la leche es provocada por la succión y por la contracción de las células mioepiteliales que rodean los alvéolos y conductos galactóforos. (Mediante el estímulo táctil de la succión se produce la liberación de oxitocina (reflejo neurohormonal), que estimula la contracción de las células mioepiteliales).

En el *destete* se produce una estasis láctea. Los alvéolos distendidos pueden sufrir desgarros y en gran parte involucionan. Las células emigrantes fagocitan los restos lácteos y los transportan (predominantemente por vía linfática). El tejido conjuntivo laxo en torno a los conductos lácteos y el estroma fibroso elástico se multiplica y el órgano se transforma en la mama en reposo.

Glándula mamaria después del climaterio. Los conductos galactóforos, sólo persisten en parte, en algunos segmentos se obliteran o se dilatan a modo de quistes (posibilidad de alteraciones patológicas). La típica distribución del órgano en lobulillos se ha perdido. El tejido adiposo puede aumentar notablemente de masa, de manera que aumenta el tamaño de la mama.

La **mama masculina** muestra en principio la misma constitución que la mama femenina en reposo. Sin embargo, la glándula mamaria es pequeña (aproximadamente 1,5 cm, espesor 0,5 cm).

Bajo una mayor influencia de la hormona sexual femenina, por ejemplo en las oscilaciones hormonales propias de la pubertad, la mama masculina aumenta de tamaño, *ginecomastia,* y pueden observarse signos de una secreción.

c) Vasos y nervios de la glándula mamaria

Arterias. La irrigación arterial de la mama corre a cargo de las rr.perforantes de la arteria torácica interna (fig. **214** con ramos mamarios del 2.°-4.° espacio intercostal al segmento interno superior del órgano), dos ramos mamarios externos procedentes de la a.torácica externa (fig. **214,** a la región externa de la glándula mamaria) y rr.mamarios de la 2.ª-5.ª a.intercostal (ante todo a los segmentos profundos de la mama). A la mamila van ramas de los tres troncos vasculares mencionados.

Venas. Las venas superficiales están en conexión con un plexo venoso situado en la región areolar, el *plexo venoso areolar* (fig. **214**) y son especialmente visibles a través de la piel durante el embarazo y la lactancia. Conducen la sangre a las vv.torácicas internas y externas y en parte también a las venas de la pared abdominal y están en conexión con venas profundas que llevan la sangre a las venas intercostales.

Los **vasos linfáticos** de la mama son de importancia especial como vía de diseminación de carcinomas metastásicos. A partir de una *red superficial* (subcutánea) y una *red profunda,* que anastomosan entre sí, existen vasos linfáticos

– *a la cavidad axilar* (fig. **215**): a los *ganglios linfáticos axilares pectorales* (en el borde inferior del m.pectoral menor en las muescas superiores del m.serrato anterior) y desde allí (o inmediatamente) a los *ganglios linfáticos axilares centrales* (en la cara inferior del m.subescapular; en caso de metastatización en los ganglios linfáticos pectorales y centrales frecuente irritación del n.intercostobraquial), a los *ganglios linfáticos axilares apicales* (cranealmente del m.pectoral menor a lo largo de la v.subclavia) o a los *ganglios linfáticos cervicales profundos* de situación supraclavicular,
– *por el m.pectoral mayor* (fig. **215**): a los pequeños ganglios linfáticos entre los dos músculos pectorales, y desde allí a los ganglios linfáticos axilares centrales y apicales,
– *por la pared torácica:* a los ganglios linfáticos paraesternales (a lo largo de los vasos torácicos internos), en parte también por la línea media al lado opuesto.

La **inervación sensitiva** tiene lugar por *rr.mamarios externos* e *internos* de los nervios intercostales (fig. **214**); las fibras secretoras proceden de plexos perivasculares.

4. Fascias pectorales

Las **fascias pectorales** no son fascias de la musculatura torácica autóctona, de los mm.intercostales, sino que están en relación con los músculos del cinturón escapular y del hombro emigrados a la pared torácica. La fascia pectoral superficial limita el subcutis de esta capa muscular y posee íntima relación topográfica y funcional con la glándula mamaria. Por tal motivo, parece correcto comentar las fascias pectorales en conexión con este órgano.

La **fascia pectoral** (superficial) (figs. **215** y **216**) cubre el m.pectoral mayor y se continúa en dirección craneal con la lámina superficial de la fascia del cuello y en dirección caudal con la fascia abdominal superficial. La fascia pectoral está fijada al esternón y a la clavícula, y más fuertemente al perimisio externo en la cara anterior del músculo pectoral mayor. Una capa de tejido conjuntivo laxo entre la fascia pectoral y la mama facilita el deslizamiento de la mama con respecto a la fascia y al músculo pectoral.

La capacidad de desplazamiento de la mama no se observa en el carcinoma de mama, si el tumor está infiltrado en la pared torácica.

La **fascia clavipectoral** (figs. **215** y **216**) rodea como fascia pectoral "profunda" los mm.pectoral menor y subclavio. Se inserta cranealmente en la clavícula y en el proceso o apófisis coracoides. En el borde externo del m.pectoral mayor está en conexión con la fascia pectoral menor. Aquí recubre la v.subclavia, a cuya pared está adherida, así como la a.subclavia y el plexo braquial. La fascia puede ser tensada por el m.pectoral menor y ejercer una tracción de la pared venosa. Gracias a ello la luz de la vena se mantiene abierta y se fomenta el drenaje hacia la vena cava superior. La fascia clavipectoral está separada de la cara inferior del m.pectoral mayor por una capa desplazable laxa (hendidura interpectoral).

Indice alfabético

Los números en *cursiva* se refieren a las ilustraciones.

O

P

La separación tradicional entre anatomía topográfica y funcional se ha sustituido en este libro por una combinación sensata de las dos formas de consideración. Se describen detalladamente las características estructurales y las relaciones topográficas esenciales para la comprensión de la función, para lo cual se dan indicaciones de hallazgos clínicos para la aplicación de conocimientos teóricos en el tratamiento médico. Una exposición estrictamente organizada, un material gráfico muy representativo y unas claras definiciones facilitan el manejo y comprensión de esta obra fundamental.

Ediciones Omega, S. A.
Casanova, 220 - Barcelona-36